



ISSN 2788-7995 (Print)
ISSN 3006-0524 (Online)

**ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ
ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР**

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

**ВЕСТНИК УНИВЕРСИТЕТА ШАКАРИМА
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**BULLETIN OF SHAKARIM UNIVERSITY
TECHNICAL SCIENCES**

SCIENTIFIC JOURNAL

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



**ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
Х А Б А Р Ш Ы С Ы
ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАР
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ**

**В Е С Т Н И К
УНИВЕРСИТЕТА ШАКАРИМА
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**B U L L E T I N
OF SHAKARIM UNIVERSITY
TECHNICAL SCIENCES
SCIENTIFIC JOURNAL**

№ 1 (17) 2025

Семей, 2025

Ғылыми журнал «Шәкәрім Университетінің Хабаршысы» Техникалық ғылымдар сериясы»

№ 1 (17) 2025

Меншік иесі:

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

1997 жылдан бастап шығарылады
Кезеңділігі: тоқсан сайын (жылына 4 рет)

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің
Ақпарат комитетінде тіркелген
Есепке қою туралы куәлік № KZ93VPY00033663 19.03.2021 ж.

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА

Бас редактор – Есимбеков Жанибек Серикбекович, PhD (Қазақстан, Семей қ.)

Амирханов Кумарбек Жунусбекович – техника ғылымдарының докторы, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»
КЕАҚ профессоры (Қазақстан, Семей қ.)

Виелеба Войтек – техника ғылымдарының докторы, Вроцлав ғылым және технология университетінің профессоры (Польша,
Вроцлав қ.)

Дворцовой Александр Игоревич – техника ғылымдарының кандидаты, Новосибир мемлекеттік техникалық университетінің
доценті (Ресей, Новосибир қ.)

Какимов Айтбек Калиевич – техника ғылымдарының докторы, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ
профессоры (Қазақстан, Семей қ.)

Лобасенко Борис Анатольевич – техника ғылымдарының докторы, «Кемерово мемлекеттік университетінің» профессоры,
Жоғары білім берудің федералды мемлекеттік бюджеттік білім беру мекемесі (Ресей, Кемерово қ.)

Майоров Александр Альбертович – техника ғылымдарының докторы, федералдық Алтай агроботехнологиялық ғылыми
орталығының профессоры (Сібір ірімшік өндіру саласындағы ғылыми зерттеу институты) (Ресей, Барнаул қ.)

Ребезов Максим Борисович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, Оңтүстік-Орал мемлекеттік университетінің
профессоры (Ресей, Челябин қ.)

Узаков Ясин Маликович – техника ғылымдарының докторы, Алматы технологиялық университетінің профессоры, (Қазақстан,
Алматы қ.)

Хуторянский Виталий Викторович – профессор, Реддинг университеті (Ұлыбритания, Реддинг қ.)

Чоманов Уришбай Чоманович – техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақ қайта өңдеу және тамақ
өнеркәсібі ҒЗИ (Қазақстан, Алматы қ.)

Драгоев Стефан Георгиев – техника ғылымдарының докторы, Тағамдық технологиялар университетінің профессоры, Болгар
Ғылым академиясының корреспондент-мүшесі (Болгария, Пловдив қ.)

Налок Дута – PhD, Вашингтон Университеті (АҚШ, Вашингтон)

Оразбаев Батыр Бидайбекович – техника ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
профессоры (Қазақстан, Астана қ.)

Григорьева Светлана Владимировна – PhD, «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің» КЕАҚ,
қауымдастырылған профессоры (Қазақстан, Өскемен қ.)

Чектыбаев Бауржан Жамбулович – PhD, ҚР ҰҒА «Атом Энергиясы Институты» филиалының Термоядролық зерттеулер
бөлімінің басшысы (Қазақстан, Курчатов қ.)

Витюк Владимир Анатольевич – ф.м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, PhD, ҚР ҰҒА РМК бас директорының ғылым жөніндегі
орынбасары (Қазақстан, Курчатов қ.)

Нұғман Ерік Зейнелұлы – PhD, Ө. Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты, Satbayev University
(Қазақстан, Алматы қ.)

Ибрагимова Зауре Асилбековна – PhD, М. Әуезова атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, доценті (Қазақстан, Шымкент қ.)

Жазылу индексі: 76172

Редакция құрамы:

Евлампиева Е.П. – редактор
Семейская З.Т. – редактор

Редакцияның мекен-жайы:

071412, Абай облысы, Семей қ., Глинки к-сі, 20а, каб. 506
Байланыс телефоны: 8(7222)31-32-49
Электрондық пошта: rio@semgu.kz

Қолжазбалар қайтарылмайды. Авторлардың пікірлері редакцияның көзқарасымен сәйкес келмеуі мүмкін. Материалдарды басқа
басылымдарда пайдалануға редакцияның жазбаша келісімімен ғана рұқсат етіледі. Ұсынылған материалдардың дұрыстығына
автор жауапты болады. Журналға сілтеме міндетті.

© «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам, 2025

Научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки»

№ 1 (17) 2025

Собственник:

Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей»

Издается с 1997 года

Периодичность: ежеквартально (4 раза в год)

Журнал зарегистрирован в Комитете информации Министерства информации
и общественного развития Республики Казахстан
Свидетельство о постановке на учет № KZ93VPY00033663 от 19.03.2021 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Есимбеков Жанибек Серикбекович, PhD (Казахстан, г. Семей)

Амирханов Кумарбек Жунусбекович – доктор технических наук, профессор, НАО «Университет имени Шакарима города Семей» (Казахстан, г. Семей)

Виелеба Войтек – доктор технических наук, профессор, Вроцлавский университет науки и технологии (Польша, г. Вроцлав)

Дворцовой Александр Игоревич – кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный технический университет (Россия, г. Новосибирск)

Какимов Айтбек Калиевич – доктор технических наук, профессор, НАО «Университет имени Шакарима города Семей» (Казахстан, г. Семей)

Лобасенко Борис Анатольевич – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (Россия, г. Кемерово)

Майоров Александр Альбертович – доктор технических наук, профессор, Федеральный Алтайский научный центр агроботехнологий (отдел Сибирского научно-исследовательского института сыроделия) (Россия, г. Барнаул)

Ребезов Максим Борисович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Южно-Уральский государственный университет (Россия, г. Челябинск)

Узаков Ясин Маликович – доктор технических наук, профессор, Алматинский технологический университет (Казахстан, г. Алматы)

Хуторянский Виталий Викторович – профессор, Университет Рединга (Великобритания, г. Рединг)

Чоманов Уришбай Чоманович – доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности (Казахстан, г. Алматы)

Драгов Стефан Георгиев – доктор технических наук, профессор, Университет пищевых технологий, член-корреспондент Болгарской Академии наук (Болгария, г. Пловдив)

Налок Дуга – PhD, Университет штата Вашингтон (США, Вашингтон)

Оразбаев Батыр Бидайбекович – доктор технических наук, профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева (Казахстан, г. Астана)

Григорьева Светлана Владимировна – PhD, ассоциированный профессор НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева» (Казахстан, г. Усть-Каменогорск)

Чектыбаев Бауржан Жамбулович – PhD, Филиал Института атомной энергии РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (Казахстан, г. Курчатов)

Витюк Владимир Анатольевич – кандидат физико-математических наук, PhD, ассоциированный профессор, РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан» (Казахстан, г. Курчатов)

Нұрман Ерік Зейнелұлы – PhD, Институт энергетики и машиностроения им. А. Буркитбаева, Satbayev University (Казахстан, г. Алматы)

Ибрагимова Зауре Асилбековна – PhD, доцент Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (Казахстан, г. Шымкент)

Подписной индекс: 76172

Технические редакторы:

Евлампиева Е.П.
Семейская З.Т.

Адрес редакции:

071412, область Абай, г. Семей, ул. Глинки, 20А, каб. 506
Контакты: телефон: 8(7222)31-32-49
Электронная почта: rio@semgu.kz

Рукописи не возвращаются. Мнения авторов могут не совпадать с точкой зрения редакции. Использование материалов в других изданиях допускается только с письменного согласия редакции. За достоверность представленных материалов ответственность несет автор. Ссылка на журнал обязательна.

© Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей», 2025

Scientific journal «Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences»

№ 1 (17) 2025

Owner:

Non-profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey»

Published since 1997

Frequency: quarterly (4 times a year)

The journal is registered with the Information Committee of the Ministry of Information
and Public Development of the Republic of Kazakhstan

Certificate of registration no. KZ93VPY00033663 dated 03/19/2021

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief – Yessimbekov Zhanibek, PhD (Kazakhstan, Semey)

Amirkhanov Kumarbek – Doctor of Technical Sciences, Professor of the NJC «Shakarim University of Semey» (Kazakhstan, Semey)

Wieleba Wojciech – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Wroclaw University of Science and Technology (Poland, Wroclaw)

Kakimov Aitbek – Doctor of Technical Sciences, Professor of the NJC «Shakarim University of Semey», (Kazakhstan, Semey)

Dvortsevov Alexander Igorevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Novosibirsk State Technical University (Russia, Novosibirsk)

Lobasenko Boris – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (Russia, Kemerovo)

Mayorov Alexander – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies (Department of the Siberian Research Institute of Cheese Making) (Russia, Barnaul)

Rebezov Maxim – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of South Ural State University (Russia, Chelyabinsk)

Uzakov Yassin – Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University (Kazakhstan, Almaty)

Khutoryanskiy Vitaly – Professor at the University of Reading (Great Britain, Reading)

Chomanov Urishbai – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of the Department of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Kazakhstan, Almaty)

Dragoev Stefan – Doctor of Technical Sciences, Professor of Engineering at the University of Food Technologies, Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences (Bulgaria, Plovdiv)

Nalok Dutta – PhD, Washington State University (USA, Washington)

Orazbayev Batyr – Doctor of Technical Sciences, Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Kazakhstan, Astana)

Grigorieva Svetlana – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk)

Chektybayev Baurzhan – PhD, Head of Thermonuclear Research Department Branch of Atomic Energy Institute RSE NNC RK (Kazakhstan, Kurchatov)

Vityuk Vladimir – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, PhD, Associate Professor, Deputy Director General for Science, RSE NNC RK (Kazakhstan, Kurchatov)

Nugman Yerik – PhD, A. Burkitbayev Institute of Energy and Mechanical Engineering, Satbayev University (Kazakhstan, Almaty)

Ibrahimova Zaure – PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University (Kazakhstan, Shymkent)

Subscription index: 76172

Editorial staff:

Yevlampiyeva Y. – editor

Semeyskaya Z. – editor

Editorial Office address:

071412, Abai region, Semey,

Glinka str., 20A, room 506

Contacts: phone: +7 (7222) 31-32-49

Email address: rio@semgu.kz

Manuscripts are not returned. The opinions of the authors may not coincide with the point of view of the editors. The use of materials in other publications is allowed only with the written consent of the editorial board. The author is responsible for the accuracy of the submitted materials. A link to the journal is required.

© Non-profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», 2025



Д.Ш. Мусина*, Д.О. Кожахметова, Е.А. Оспанов, Т.С. Жылқыбаев

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: darina_musina_21@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Аннотация: В данной статье представлено исследование алгоритмов с использованием технического зрения для управления роботом-манипулятором. С увеличением числа роботов, используемых в промышленности и других отраслях, возросла необходимость в надежных и точных алгоритмах управления. Таким образом актуальность темы возрастает, а исследования в этой области могут значительно улучшить эффективность и безопасность роботизированных систем. Целью данной статьи является всестороннее исследование различных алгоритмов управления, а также интеграции технического зрения в системы управления.

Алгоритмы управления роботами-манипулятором представляют собой набор математических процедур и методов, которые позволяют роботам выполнять определенные движения и задачи с необходимой эффективностью и точностью. Для этого робот получает важные данные об окружающем его мире с помощью технического зрения. В статье рассмотрены три основных типа алгоритмов: обратная кинематика, ПИД-контроллеры и алгоритмы машинного обучения. Обратная кинематика определяет углы поворота суставов робота, необходимые для достижения заданного положения и ориентации рабочего инструмента. PID-контроллер контролирует движения суставов робота. Управляя скоростью и усилием, он исправляет ошибки между фактическим и заданным положением. Использование методов машинного обучения позволяет обучаться новым задачам и адаптировать своё поведение к изменяющимся условиям.

В рамках данного исследования будут рассмотрены теоретические аспекты алгоритмов и технического зрения. Исследования проводились на манипуляторе Оптима 2 фирмы ZARNITZA.

Ключевые слова: робот-манипулятор, алгоритмы управления, обратная кинематика, PID-контроллеры, машинное обучение, техническое зрение, Оптима 2.

Введение

Робототехника открыла новые возможности за последние десятилетия в различных отраслях. Одним из самых важных компонентов робототехнических систем, являются роботы-манипуляторы. Они способны выполнять широкий спектр задач, которые требуют высокую точность и гибкость. Одной из наиболее сложных и важных задач является эффективное управление такими роботами. Решение этой задачи требует использования современных технологий и алгоритмов.

Алгоритмы управления, используемые в настоящее время, включают как классические методы, такие как обратная кинематика и ПИД-контроллеры, так и новейшие методы машинного обучения, которые открывают новые возможности для робототехники. Более активное и стремительное поведение гарантирует внедрение технического зрения в системы управления манипуляторами [1, 2]. Рука манипулятора, оснащенная системой технического зрения, определяет расположение и форму объекта, до того, как попытается схватить его, таким образом повышая благоприятный исход. То есть роботы могут регулировать свои действия в соответствии с тем, что видят.

Недавние достижения в области алгоритмов, особенно методов машинного обучения, значительно повысили точность и надежность систем восприятия на основе технического

зрения. Между тем, основной задачей является превращение многомерных данных в команды управления, которые будут полезны для манипуляторов [3].

Условия и методы исследования

В систему управления роботом манипулятором входят: сбор и анализ данных при помощи технического зрения, определение положения посредством обратной задачи кинематики, управление движением через ПИД-контроллеры и адаптация через методы машинного обучения. Тем самым, для точного определения положения звеньев манипулятора, система технического зрения нашла здесь применение. Благодаря этому, робот манипулятор может эффективно работать с различными объектами, расположенными в пространстве, потому что точность позиционирования и обобщенные координаты имеют меньшую погрешность [4].

Как область знания, система технического зрения сосредоточена на практическое применение. Алгоритмы обработки изображений очень сложны и требуют многочисленных расчетов. Обработка изображений в режиме реального времени требует более мощных вычислений.

Алгоритмы использования технического зрения включает в себя несколько этапов, от захвата изображений до анализа и интерпретации данных для выполнения конкретных действий. Первым этапом является подборка оборудования. Основными устройствами для позиционирования объекта являются камеры. Например, такие как RGB, стереокамеры, инфракрасные камеры, ToF камеры и другие сенсоры по типу LIDAR, ультразвуковые датчики. Выбор сенсоров зависит от конкретной задачи и условий эксплуатации. Для обеспечения точности важно, чтобы камеры и сенсоры были синхронизированы и захватывали данные одновременно.

Следующим этапом является сбор данных. То есть на рабочее пространство помещаются объекты, которые сканирует камера [5], а после описываются для разработки набора данных. техническое зрение включает в себя обработку изображений, идентификацию объектов и сегментацию изображений.

Обработка изображений необходима для анализа цифровых изображений, в целях их дальнейшего использования. Качество изображений улучшается за счет использования фильтров, которые удаляют шумы, улучшают контрастность и выделяют контуры.

На следующем этапе применяются алгоритмы глубокого обучения для распознавания объектов [6], определение положения и ориентации, а также сегментации и оценки глубины. Сверточные нейронные сети (CNN) распознает объемы, а архитектура U-Net сегментирует изображения, что позволяет определять содержимое области видения по пикселям. Далее алгоритмы отслеживания, такие как Kalman Filter или Optical Flow, следят за перемещением объектов в пространстве. На рисунке 1 изображена схема распознавания объектов.

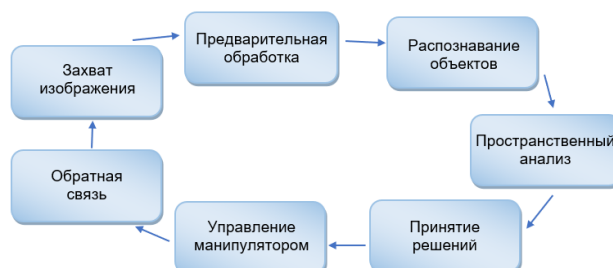


Рисунок 1 – Схема распознавания объектов

Затем результаты анализа передаются в систему обратной кинематики. С помощью него можно определить какие углы поворота или перемещения звеньев манипулятора необходимы для достижения заданного положения.

Для начала определяется необходимая желаемая позиция захватного устройства. С помощью метода Денавита-Хартенберга, который позволяет структурировать задачу кинематики, создается модель манипулятора, описывающая геометрию звеньев и суставов. Следующим шагом является решение ОЗК. Уравнения обратной кинематики решаются для определения необходимых углов поворота суставов или линейных перемещений звеньев на основе конечной позиции и ориентации. Это можно сделать с помощью аналитических или численных методов.

В аналитическом методе применяются формулы для вычисления решений. Однако такой метод влечет за собой ряд сложностей. Например, сложность получения обобщенных координат в явном виде. Кроме того, аналитические формулы состоят из тригонометрических функций, для их решения необходимы обратные тригонометрические функции, которые имеют неопределенности [7]. Тем самым, это добавляет еще больше неопределенности в решение ОЗК. Если решение обратной задачи с использованием аналитических выражений невозможно, используются численные методы, такие как градиентный спуск или метод Ньютона-Рафсона.

Далее проверяются полученные углы и перемещения на соответствие физическим и механическим ограничениям манипулятора, таким как предельные углы поворота суставов и длины звеньев. Исполнительные механизмы робота получают значения линейных перемещений или углов поворота суставов. В конечном итоге, в соответствии с вычисленными значениями манипулятор достигает определенного положения и ориентации захватного устройства.

Следующий алгоритм управления роботом манипулятором это – ПИД-контроллеры. Пропорционально-интегрально-дифференциальный контроллер – это вид устройства управления, который использует метод обратной линейной связи, чтобы регулировать процессы и контроль заданного уровня выходной величины [8]. А также с помощью обработки и вычисления ошибок между введенным значением и действительным выходящим значением системы, он настраивает процесс, корректируя на основе таких составляющих как: пропорциональная, интегральная и дифференциальная.

На пропорциональную составляющую напрямую влияет текущая ошибка. Чем она больше, тем больше управляющий сигнал. Таким образом, данная составляющая способствует быстрому реагированию на отклонения, но это может вызвать статистическую погрешность. Интегральная составляющая помогает решить проблемы с постоянной ошибкой, исправляя медленные и длительные отклонения. Однако чрезмерное значение этой составляющей может спровоцировать нестабильность системы. Дифференциальная составляющая приводит систему к стабильности и устойчивости к быстрым корректировкам, предусматривая и снижая влияние будущей ошибки [9].

ПИД-контроллеры совместно с техническим зрением во много раз улучшает управление роботом-манипулятором, что дает более точную и гибкую реализацию. После захвата и обработки изображения камерами, начинается вычисление ошибок на основе визуальных данных. Далее устанавливается местоположение манипулятора или объекта относительно целевой точки. И рассчитывается ошибка между текущим положением и заданной целью. На основе вычислений формируется управляющий сигнал. Далее он передается на приводы манипулятора, регулируя движения. Сведения о положении робота, техническое зрение постоянно обновляет. Тем самым, это дает возможность ПИД-контроллеру реагировать на изменения в настоящий момент.

А для того, чтобы манипулятор работал еще более эффективно и гибко, в управлении роботом применяются алгоритмы машинного обучения. Система машинного обучения занимается сбором сведений о действиях робота, а также информации об ошибках и сдвигах от норм. Следующим этапом происходит анализирование собранных данных, с помощью глубокого обучения. Далее осуществляется оптимизация алгоритмов обратной кинематики и параметров ПИД-контроллеров, тем самым работа робота становится качественней [10].

Существует несколько способов машинного обучения, которые можно применить в управлении: обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением, глубокое обучение, глубокое обучение с подкреплением. При методе обучения с учителем, для обучения модели, специалист применяет размеченные данные. Иначе говоря, алгоритму только необходимо понять, почему выделенный ответ правильный. Он применяется в техническом зрении для обнаружения объектов и их положения, с помощью CNN. При методе обучения без учителя, модель сама определяет закономерность в размеченных данных. А метод обучения с подкреплением заключается в самостоятельном взаимодействии системы с некоторой средой, по принципу метода проб и ошибок.

Следующий метод глубокого обучения, является одним из важнейших в алгоритмах управления манипулятором, который может выполнить все необходимые задачи с высокой точностью. Глубокое обучение включает в себя сверточные и рекуррентные нейронные сети,

генеративно-состязательные нейронные сети, и автокодировщики. Кроме того, что глубокое обучение используют в распознавании объектов с помощью CNN, глубокое обучение также применяется в прогнозировании и планировании траекторий, с помощью RNN. Генеративно-состязательные сети повышают качество изображений, а неисправности выявляют автокодировщики. Но самый многообещающий алгоритм это – глубокое обучение с подкреплением. Он не требует ручного кодирования, управляется за счет данных, кроме того, не чувствителен к калибровке. Глубокое обучение с подкреплением отлично подходит для задач с многомерными данными [11, 12]. Также этот метод обучает систему более оптимальным траекториям, при этом уменьшая время и затраты энергии. Обучает робота-манипулятора определять возможные опасности и соответственно реагировать во избежание аварийных ситуаций.

Результаты научных исследований

Существуют различные способы управления роботом манипулятором. В университете имени Шакарима, на кафедре IT технологий установлен манипулятор Оптима 2 фирмы ZARNITZA, изображенный на рисунке 2. Управление манипулятором можно провести с помощью углового перемещения или декартовых координат, а также имеется модуль технического зрения.

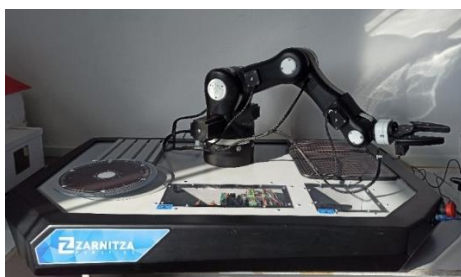


Рисунок 2 – Робот-манипулятор Оптима 2

Угловое перемещение в роботах-манипуляторах относится к изменению угла поворота звеньев или суставов, относительно осей вращения. Таким образом, в манипуляторах используются вращательные приводы для управления угловым перемещением. Это позволяет роботам выполнять сложные движения и точно позиционировать свои части в необходимом месте.

Перемещение роботов-манипуляторов в системе декартовых координат означает, что захват робота двигается вдоль трёх осей: X, Y и Z. В этой системе робот перемещается по прямым линиям вдоль этих осей, что делает управление и планирование движений проще.

Техническое зрение помогает определять расположение объектов и корректировать как углы поворота суставов, так и линейные перемещения робота вдоль осей. Процесс становится более плавным и адаптивным.

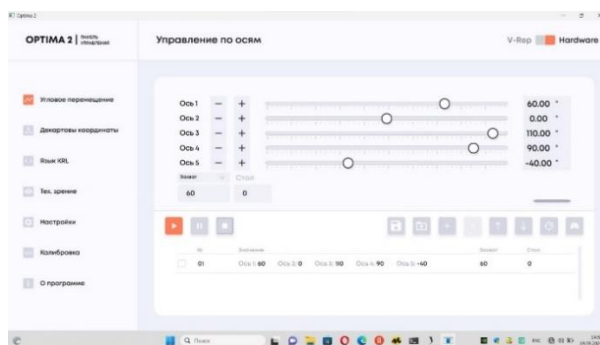


Рисунок 3 – Окно программного обеспечения Оптима 2

Управление роботом с помощью углового перемещения или декартовых координат осуществляется в программе Оптима 2. На рисунке 3 изображено окно программы, в котором задаются углы поворота звеньев. Для наглядной демонстрации и проверки, на виртуальной платформе V-REP была собрана манипуляционная рука. Например, задавая значения углов в программном обеспечении Оптима 2, мы видим на рисунке 4, как манипулятор в симуляторе повернулся. Проверив заданные значения на виртуальной платформе, мы осуществляем процесс в реальности, идентичный повороту руки изображен на рисунке 5.

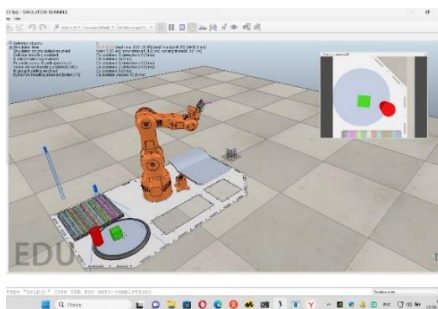


Рисунок 4 – Окно программы симулятора V-REP



Рисунок 5 – Поворот робота-манипулятора

Обсуждение научных результатов

В ходе исследования были изучены два подхода: управление с помощью углового перемещения и по системе декартовых координат. Угловое перемещение, при котором манипулятор изменяет углы поворота суставов относительно осей вращения, оказалось в нашем случае более удобным, так как оно даёт больше свободы при выполнении сложных задач в ограниченных пространствах. В задачах, где требуется определённый наклон захвата, управление углами обеспечивает лучший контроль и позволяет избегать ошибок, связанных с преобразованиями.

Кроме того, было выявлено, что объединение технического зрения и машинного обучения повышает точность позиционирования. Благодаря, действенной работы CNN в анализе данных с камер, появляется возможность точно определять ориентацию объектов. Тем самым, это улучшает работу алгоритмов управления ПИД-контроллеров и обратной кинематики.

Для верификации были проведены эксперименты в программном обеспечении Optima 2 и на симуляционной платформе V-REP. Эти виртуальные эксперименты подтвердили эффективность управления как угловым перемещением, так и по декартовым координатам. Результаты симуляций были успешно воспроизведены на реальном манипуляторе.

Заключение

В процессе изучения управления роботами-манипуляторами было обнаружено, что существует важная взаимосвязь между обратной кинематикой, PID-контроллерами, техническим зрением, машинным обучением, угловым перемещением и по декартовым координатам. Эти элементы объединяются в единую систему, что позволяет достигать высокой точности и адаптивности при выполнении сложных задач.

Обратная кинематика помогает определить углы поворота суставов для углового перемещения, в то время как PID-контроллеры отвечают за корректировку движений, уменьшая ошибки. Техническое зрение, в сочетании с машинным обучением, позволяет лучше анализировать окружающую среду и управлять движением манипулятора. Выполняя сложные задачи в режиме реального времени, эти системы повысят производительность и расширят возможности применения манипуляторов в различных отраслях.

Список литературы

1. Neural Control for Image Stabilisation Using a Reference Model / G. Balbayev et al // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – vol. 10, № 1. – P. 17-21.
2. Recent Advances of Generative Adversarial Networks in Computer Vision / Yang-Jie Cao et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 14985-15006.
3. Рахметова П.М. Исследование системы управления движением манипулятора с помощью компьютерного зрения / П.М. Рахметова, Ж.Н. Исабеков, А.Ю. Бектилеков // Вестник КазАТК. – 2023. – № 6(129). – С. 319-326.
4. Колтыгин Д.С. Аналитический и численный методы решения обратной задачи кинематики для робота Delta / Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников, Н.В. Петухов // Вестн. Иркутского гос.технического ун-та. – 2017. – Т. 21, № 5(124). – С. 87-95.
5. SoCodeCNN: Program Source Code for Visual CNN Classification Using Computer Vision Methodology / S. Dey et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 157158-157172.
6. Deep Learning Approaches Based on Transformer Architectures for Image Captioning Tasks / R. Castro et al // IEEE Access. – 2022. – vol. № 10. – P. 33679-33694.

7. Колтыгин Д.С. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором / Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников // Системы. Методы. Технологии. – 2020. – № 4(48). – С. 65-74.
8. Ang K.H. PID control system analysis, design, and technology. / K.H. Ang, G. Chong, Y. Li. // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2005. – vol. № 13(4). – P. 559-576.
9. Al-Khayyt S.Z.S. Tuning PID Controller by Neural Network for Robot Manipulator Trajectory Tracking / S.Z.S. Al-Khayyt // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2013. – № 8(1). – P. 19-28.
10. Подход к автоматическому прогнозированию состояния промышленных манипуляторов с применением методов машинного обучения / А.С. Гончаров и др. // Доклады ТУСУР. – 2021. Т. 24, № 1. – С. 48-54.
11. Deep Reinforcement Learning for the Control of Robotic Manipulation: A Focussed Mini-Review / R. Liu et al // Robotics. – 2021. – Vol. № 10(1). – P. 22-34.
12. Серебряков М.Ю. Глубокое обучение с подкреплением в управлении манипуляционными роботами / М.Ю. Серебряков, С.В. Колесова, А.А. Зинченко // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – № 9. – С. 265-268.

References

1. Neural Control for Image Stabilisation Using a Reference Model / G. Balbayev et al // International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. – 2021. – vol. 10, № 1. – P. 17-21. (In English).
2. Recent Advances of Generative Adversarial Networks in Computer Visionin / Yang-Jie Cao et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 14985-15006. (In English).
3. Rakhmetova P.M. Issledovanie sistemy upravleniya dvizheniem manipulyatora s pomoshch'yu komp'yuternogo zreniya / P.M. Rakhmetova, ZH.N. Isabekov, A.YU. Bektilevov. // Vestnik KaZATK. – 2023. – № 6(129). – S. 319-326. (In Russian).
4. Koltygin D.S. Analiticheskii i chislennyyi metody resheniya obratnoi zadachi kinematiki dlya robota Delta / D.S. Koltygin, I.A. Sedel'nikov, N.V. Petukhov // Vestn. Irkutskogo gos.tekhnicheskogo un-ta. – 2017. – Т. 21, № 5(124). – S. 87-95. (In Russian).
5. SoCodeCNN: Program Source Code for Visual CNN Classification Using Computer Vision Methodology / S. Dey et al // IEEE Access. – 2019. – vol. № 7. – P. 157158-157172. (In English).
6. Deep Learning Approaches Based on Transformer Architectures for Image Captioning Tasks / R. Castro et al // IEEE Access. – 2022. – vol. № 10. – P. 33679-33694. (In English).
7. Koltygin D.S. Metod i programma resheniya pryamoj i obratnoj zadachi kinematiki dlya upravleniya robotom-manipulyatorom / D.S. Koltygin, I.A. Sedel'nikov // Sistemy. Metody. Tekhnologii. – 2020. – № 4(48). – S. 65-74. (In Russian).
8. Ang K.H. PID control system analysis, design, and technology. / K.H. Ang, G. Chong, Y. Li. // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2005. – vol. № 13(4). – P. 559-576. (In English).
9. Al-Khayyt S.Z.S. Tuning PID Controller by Neural Network for Robot Manipulator Trajectory Tracking / S.Z.S. Al-Khayyt // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2013. – № 8(1). – P. 19-28. (In English).
10. Podkhod k avtomaticheskomu prognozirovaniyu sostoyaniya promyshlennykh manipulyatorov s primeneniem metodov mashinnogo obucheniya / A.S. Goncharov i dr. // Doklady TUSUR. – 2021. Т. 24, № 1. – S. 48-54. (In Russian).
11. Deep Reinforcement Learning for the Control of Robotic Manipulation: A Focussed Mini-Review / R. Liu et al // Robotics. – 2021. – Vol. № 10(1). – P. 22-34. (In English).
12. Serebryakov M.YU. Glubokoe obuchenie s podkrepleniem v upravlenii manipulyatsionnymi robotami / M.YU. Serebryakov, S.V. Kolesova, A.A. Zinchenko // Izvestiya TuLGU. Tekhnicheskie nauki. – 2022. – № 9. – S. 265-268. (In Russian).

Д.Ш. Мусина*, Д.О. Кожаметова, Е.А. Оспанов, Т.С. Жылқыбаев

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
*e-mail: darina_musina_21@mail.ru

ТЕХНИКАЛЫҚ КӨРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРДЫ БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІН ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада робот-манипуляторды басқару үшін техникалық көруді қолданатын алгоритмдерді зерттеу ұсынылған. Өнеркәсіпте және басқа салаларда қолданылатын роботтар

санының артуымен сенімді және дәл басқару алгоритмдеріне қажеттілік артты. Осылайша, тақырыптың өзектілігі артып келеді және осы саладағы зерттеулер роботтық жүйелердің тиімділігі мен қауіпсіздігін айтарлықтай жақсарта алады. Бұл мақаланың мақсаты өртүрлі басқару алгоритмдерін жан-жақты зерттеу, сонымен қатар техникалық көруді басқару жүйелеріне біріктіру болып табылады.

Роботты басқару алгоритмдері-бұл роботтарға белгілі бір қозғалыстар мен тапсырмаларды қажетті тиімділік пен дәлдікпен орындауға мүмкіндік беретін математикалық процедуралар мен әдістер жиынтығы. Ол үшін робот қоршаған әлем туралы маңызды деректерді техникалық көру арқылы алады. Мақалада алгоритмдердің үш негізгі түрі қарастырылады: кері кинематика, PID контроллері және машиналық оқыту алгоритмдері. Кері кинематика робот буындарының айналу бұрыштарын анықтайды, олар жұмыс құралының белгіленген орны мен бағытына жету үшін қажет. PID контроллері Робот буындарының қозғалысын басқарады. Жылдамдық пен күшті басқару арқылы ол нақты және берілген позиция арасындағы қателерді түзетеді. Машиналық оқыту әдістерін қолдану жаңа тапсырмаларды үйренуге және мінез-құлқыңызды өзгертін жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Осы зерттеу аясында алгоритмдер мен техникалық көрудің теориялық аспектілері қарастырылады. Зерттеулер ZARNITZA Optima 2 манипуляторында жүргізілді.

Түйін сөздер: робот манипуляторы, басқару алгоритмдері, кері кинематика, PID контроллері, машиналық оқыту, техникалық көру, Оптима 2.

D.Sh.Musina*, D.O. Kozhakhmetova, E.A. Ospanov, T.S. Zhylykbayev

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street
*e-mail: darina_musina_21@mail.ru

STUDY OF CONTROL ALGORITHMS FOR ROBOT MANIPULATOR USING MACHINE VISION TECHNOLOGIES

This article presents a study of algorithms using machine vision to control a robot manipulator. With the increasing number of robots used in industry and other industries, the need for reliable and accurate control algorithms has increased. Thus, the relevance of the topic increases, and research in this area can significantly improve the efficiency and safety of robotic systems. The purpose of this article is a comprehensive study of various control algorithms, as well as the integration of machine vision into control systems.

Robot manipulator control algorithms are a set of mathematical procedures and methods that allow robots to perform certain movements and tasks with the necessary efficiency and accuracy. To do this, the robot receives important data about the world around it using machine vision. The article considers three main types of algorithms: inverse kinematics, PID controllers and machine learning algorithms. Reverse kinematics determines the angles of rotation of the robot joints, which are necessary to achieve a given position and orientation of the working tool. The PID controller controls the movements of the robot's joints. By controlling the speed and force, it corrects errors between the actual and the set position. Using machine learning methods allows you to learn new tasks and adapt your behavior to changing conditions.

Within the framework of this study, the theoretical aspects of algorithms and machine vision will be considered. The research was carried out on the Optima 2 manipulator manufactured by ZARNITZA.

Key words: robot manipulator, control algorithms, inverse kinematics, PID controllers, machine learning, machine vision, Optima 2.

Сведения об авторах

Дарина Шамильевна Мусина * – магистрант кафедры IT технологий; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: darina_musina_21@mail.ru.

Динара Ошановна Кожаметова – ассоциированный профессор кафедры IT технологий, доктор философии PhD; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dinara_kozhahmet@mail.ru.

Ербол Амангазович Оспанов – ассоциированный профессор кафедры IT технологий, доктор философии PhD; Университет имени Шакарима города Семей, г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: 78oea@mail.ru.

Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев – магистр технических наук, преподаватель кафедры IT технологий; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhitosya@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Дарина Шамильевна Мусина* – IT технологиялар кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: darina_musina_21@mail.ru.

Динара Ошановна Кожаметова – IT технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, Қазақстан Республикасы; e-mail: dinara_kozhahmet@mail.ru.

Ербол Амангазович Оспанов – IT технологиялар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: 78oea@mail.ru.

Тұрсынхан Саятұлы Жылқыбаев – техника ғылымдарының магистрі, IT технологиялар кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhitosya@mail.ru.

Information about the authors

Darina Musina* – Master's student of the Department of IT Technologies; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: darina_musina_21@mail.ru.

Dinara Kozhakhmetova – Associate Professor of the Department of IT Technologies, Doctor of Philosophy PhD, Shakarim University of Semey, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dinara_kozhahmet@mail.ru.

Yerbol Ospanov – Associate Professor of the Department of IT Technologies, Doctor of Philosophy PhD, Shakarim University of Semey, Semey, Republic of Kazakhstan; 78oea@mail.ru.

Tursynkhan Zhylykbayev – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department of IT Technologies, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: zhitosya@mail.ru.

Поступила в редакцию 14.10.2024

Поступила после доработки 27.11.2024

Принята к публикации 30.11.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-2](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-2)



MPHTI: 20.51.19



К.Е. Икласова^{1*}, А.К. Шайханова², М.Ж. Базарова³, Р.М. Ташибаев¹, А.С. Казанбаева¹

¹Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
100000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатбаева, 2

³Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,
070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34

*e-mail: keiklasova@ku.edu.kz

ОБЗОР РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ: МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ

Аннотация. Рекомендательные системы играют ключевую роль в цифровой среде, обеспечивая персонализированные рекомендации в интернет-магазинах, стриминговых сервисах, социальных сетях и образовательных платформах. В данной работе представлен всесторонний обзор моделей рекомендательных систем, включая контентную и коллаборативную фильтрацию, гибридные подходы, а также современные алгоритмы, основанные на глубоком обучении, обучении с подкреплением и графовых нейронных сетях. Проанализированы преимущества и недостатки различных методов, их точность, производительность, масштабируемость и адаптивность к новым данным. Рассмотрены основные вызовы, такие как проблема «холодного старта», разреженность данных, предвзятость алгоритмов, необходимость объяснимости рекомендаций и обеспечение конфиденциальности. Отдельное внимание уделено перспективам внедрения рекомендательных систем в образовательные платформы. Подчеркнута важность использования гибридных и интеллектуальных систем для эффективного анализа данных пользователей и построения рекомендаций с учетом индивидуальных потребностей. В заключении сделан вывод о дальнейшем развитии рекомендательных систем, которое будет связано с интеграцией новейших технологий искусственного интеллекта, оптимизацией вычислительных ресурсов и расширением области их применения в различных цифровых экосистемах. Работа может быть полезна исследователям, разработчикам и практикам, работающим в сфере искусственного интеллекта и образовательных технологий.

Ключевые слова: рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, глубокое обучение, обучение с подкреплением, графовые нейронные сети, образовательные платформы, персонализация, анализ данных.

Введение

Рекомендательные системы представляют собой класс алгоритмов и методов, которые предсказывают предпочтения пользователей и предлагают им наиболее релевантные товары, услуги или информацию. В эпоху информационного перенасыщения такие системы играют решающую роль, помогая пользователям ориентироваться в огромном объеме контента и принимать решения. На данный момент рекомендательные системы стали неотъемлемой частью цифровой экосистемы. Компании используют их для увеличения продаж, повышения вовлеченности пользователей и персонализации пользовательского опыта, что подчеркивает экономическую значимость и влияние таких систем на современный бизнес и потребительское поведение [1].

В зависимости от методов анализа данных и формирования рекомендаций выделяют несколько типов рекомендательных систем:

1. Системы, основанные на контенте (Content-based)
2. Системы коллаборативной фильтрации (Collaborative filtering)
3. Гибридные системы, сочетающие различные подходы
4. Современные системы на основе глубокого обучения, обучения с подкреплением и графовых нейронных сетей

Целью данного исследования является комплексный обзор существующих моделей рекомендательных систем, их сравнительный анализ и выявление перспективных направлений развития.

Методы исследования

В статье использованы следующие методы исследования: анализ научной литературы и существующих исследований, сравнительный анализ моделей, классификация рекомендательных систем, анализ преимуществ и недостатков методов. Данные методы позволяют провести всесторонний анализ рекомендательных систем и дать оценку их эффективности и перспектив развития.

Результаты исследования

Рекомендательные системы, основанные на контенте, анализируют характеристики объектов (товаров, фильмов, статей и т.д.) и предпочтения пользователей для формирования персонализированных рекомендаций. Основным принцип таких систем заключается в сопоставлении профиля пользователя с атрибутами объектов.

Процесс работы систем, основанных на контенте, можно разделить на несколько этапов:

1. Извлечение признаков объектов (например, жанр, актеры и режиссер для фильмов)
2. Создание профиля пользователя на основе его предыдущих взаимодействий с объектами
3. Сопоставление профиля пользователя с характеристиками новых объектов
4. Ранжирование объектов по степени соответствия и формирование рекомендаций

Математически этот процесс можно представить, как вычисление степени схожести между профилем пользователя и объектами с использованием метрик, таких как косинусное сходство или евклидово расстояние [2].

Преимущества данного вида систем:

- независимость от данных о других пользователях, что позволяет избежать проблемы «холодного старта» для новых объектов;
- возможность предоставлять персонализированные рекомендации даже при наличии небольшого количества пользователей;
- способность объяснять причины рекомендаций, что повышает доверие пользователей;
- эффективность при работе с нишевыми предпочтениями.

Недостатки:

- ограниченность рамками известных характеристик объектов;
- сложность обнаружения новых интересов пользователя, выходящих за пределы его текущего профиля;
- чрезмерная специализация рекомендаций (overspecialization), что может приводить к эффекту «информационного пузыря»;
- трудности с извлечением релевантных признаков для некоторых типов контента (например, музыка, изображения).

Коллаборативная фильтрация основывается на предположении, что пользователи, проявлявшие схожее поведение в прошлом, будут иметь схожие предпочтения и в будущем. В отличие от систем, основанных на контенте, коллаборативная фильтрация не требует информации о характеристиках объектов, а опирается исключительно на историю взаимодействий пользователей с объектами. Основной принцип коллаборативной фильтрации заключается в поиске паттернов в матрице взаимодействий «пользователь-объект» и использовании этих паттернов для прогнозирования будущих взаимодействий. Математически задача сводится к заполнению пропущенных значений в разреженной матрице оценок [3].

Преимущества:

- способность рекомендовать объекты, которые могут быть не связаны с предыдущими предпочтениями пользователя, что способствует разнообразию рекомендаций;
- независимость от характеристик объектов, что делает метод универсальным для различных типов контента;
- возможность выявлять неявные взаимосвязи и шаблоны в данных;
- повышение точности с ростом количества пользователей и взаимодействий.

Недостатки:

- проблема «холодного старта» для новых пользователей и объектов;
- разреженность данных, особенно в системах с большим количеством объектов;
- сложность масштабирования для крупных систем с миллионами пользователей и объектов;
- неспособность объяснить причины рекомендаций понятным для пользователя образом.

User-based collaborative filtering (UBCF) фокусируется на поиске пользователей с похожими предпочтениями. Алгоритм идентифицирует «соседей» целевого пользователя на основе сходства их оценок и использует их предпочтения для формирования рекомендаций [4]. Item-based collaborative filtering (IBCF) фокусируется на сходстве между объектами вместо пользователей. Алгоритм предполагает, что пользователю понравятся объекты, похожие на те, которые он уже положительно оценил [5]. Matrix factorization (MF) представляет матрицу взаимодействий «пользователь-объект» как произведение двух матриц низкого ранга: матрицы латентных факторов пользователей P и матрицы латентных факторов объектов Q [6]. Гибридные рекомендательные системы объединяют различные подходы для преодоления ограничений отдельных методов и повышения качества рекомендаций. Синергетический эффект от комбинирования разных типов алгоритмов позволяет минимизировать их индивидуальные недостатки и усилить преимущества.

Основные преимущества гибридных моделей заключаются в:

- возможности смягчение проблемы «холодного старта» за счет комбинирования content-based и collaborative filtering;
- повышении точности и разнообразия рекомендаций;
- увеличении стабильности системы и устойчивости к разреженным данным;
- возможность адаптации к различным сценариям использования и типам контента.

Гибридные системы особенно эффективны в ситуациях, когда отдельные подходы демонстрируют слабые результаты из-за нехватки данных или специфики предметной области [7]. Существует несколько способов комбинирования различных методов в гибридных системах:

1. Weighted hybrid – взвешенная комбинация результатов нескольких рекомендательных алгоритмов. Финальный рейтинг объекта вычисляется как: $\hat{r}(u,i) = w_1 \times \hat{r}_1(u,i) + w_2 \times \hat{r}_2(u,i) + \dots + w_n \times \hat{r}_n(u,i)$ где $\hat{r}_k(u,i)$ – предсказание k -го алгоритма, w_k – его вес.

2. Switching hybrid – система выбирает один из нескольких алгоритмов в зависимости от контекста. Например, для новых пользователей может использоваться content-based подход, а для опытных – collaborative filtering.

3. Cascade hybrid – последовательное применение нескольких методов, где каждый следующий уточняет результаты предыдущего. Например, сначала применяется грубая фильтрация методом content-based, а затем результаты уточняются с помощью collaborative filtering.

4. Feature augmentation – один метод используется для создания дополнительных признаков, которые затем используются другим методом. Например, результаты matrix factorization могут служить входными данными для нейронной сети.

5. Meta-level hybrid – модель, обученная одним методом, используется как входная для другого метода. Например, content-based подход может создавать профили пользователей, которые затем используются collaborative filtering.

Обзор различных архитектур нейронных сетей для рекомендательных систем показал, что глубокое обучение произвело революцию в области рекомендательных систем, обеспечивая возможность автоматического извлечения сложных признаков из разнородных данных и моделирования нелинейных взаимодействий между пользователями и объектами. Рекуррентные нейронные сети (RNN) особенно эффективны для моделирования последовательных данных, таких как история просмотров или покупок. Архитектуры на основе LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit) способны улавливать долгосрочные зависимости и временные паттерны в поведении пользователей [8]. Сверточные нейронные сети (CNN) применяются для извлечения локальных признаков из данных, представленных в виде матриц или тензоров. В рекомендательных системах CNN могут использоваться для анализа визуального контента, текстовых описаний или матриц взаимодействий. Transformers и модели на основе механизма внимания (attention mechanism) стали прорывом в моделировании последовательностей. Архитектура Transformer, представленная в работе «Attention is All You Need» [9], позволяет эффективно параллелизовать вычисления и улавливать взаимосвязи между элементами последовательности независимо от их расстояния друг от друга. Автоэнкодеры используются для обучения компактным представлениям (embeddings) пользователей и объектов в латентном пространстве. Вариационные автоэнкодеры (VAE) и денойзинг автоэнкодеры (DAE) позволяют моделировать вероятностные распределения и восстанавливать разреженные матрицы взаимодействий. Достижения моделей глубокого обучения в области рекомендательных систем впечатляющи. Например, система YouTube DNN увеличила время просмотра на платформе более чем на 20%. Модели на основе Transformer показывают улучшение метрики NDCG (Normalized Discounted Cumulative Gain) до 15-30% по сравнению с традиционными подходами на крупных наборах данных. Обучение с подкреплением (RL) представляет собой парадигму машинного обучения, в которой агент взаимодействует с окружающей средой, предпринимая действия и получая вознаграждения или штрафы. Цель агента – максимизировать кумулятивное вознаграждение [10]. Ключевые особенности применения RL в рекомендательных системах: в отличие от традиционных подходов, ориентированных на немедленное вознаграждение (например, клик), RL оптимизирует долгосрочные метрики, такие как удержание пользователей или пожизненная ценность клиента; RL-алгоритмы балансируют между исследованием новых вариантов и использованием известных успешных стратегий; возможность адаптации в режиме реального времени на основе обратной связи от пользователей; моделирование пользовательского опыта как последовательности взаимосвязанных событий.

Преимущества RL перед другими методами: RL может непосредственно оптимизировать конверсию, доход или удержание пользователей, а не косвенные метрики, такие как точность прогнозирования оценок, традиционные методы часто игнорируют долгосрочное влияние рекомендаций на пользовательский опыт, тогда как RL явно моделирует последствия текущих действий для будущих взаимодействий; RL-системы могут адаптироваться к изменяющимся предпочтениям пользователей и динамично корректировать стратегии рекомендаций; механизм exploration vs. exploitation естественным образом способствует разнообразию рекомендаций, избегая эффекта «фильтрационного пузыря»; RL может учиться даже в условиях разреженных или частичных сигналов обратной связи от пользователей.

Исследования показывают, что рекомендательные системы на основе RL могут увеличить вовлеченность пользователей на 20-40% по сравнению с традиционными подходами, особенно в долгосрочной перспективе [11].

Графовые нейронные сети (GNN) представляют собой класс методов глубокого обучения, специально разработанных для работы с данными, имеющими графовую

структуру. В рекомендательных системах графы естественным образом моделируют взаимосвязи между пользователями, объектами и контекстной информацией.

Ключевые особенности использования графов в рекомендательных системах: графы позволяют явно моделировать различные типы отношений: «пользователь-объект», «пользователь-пользователь», «объект-объект», «пользователь-контекст» и т.д.; в графе могут быть представлены различные типы узлов (пользователи, товары, категории, бренды) и ребер (просмотры, покупки, рейтинги, принадлежность к категории); механизм распространения сообщений (message passing) в GNN позволяет агрегировать информацию от соседних узлов, эффективно учитывая высокоуровневые взаимосвязи; GNN по конструкции инвариантны к порядку соседних узлов, что делает их особенно подходящими для моделирования социальных и рекомендательных систем [12].

Графовые нейронные сети демонстрируют значительное превосходство над традиционными методами рекомендаций:

- PinSage увеличил показатели вовлеченности на Pinterest на 25-30% по сравнению с предыдущими решениями;
- NGCF показывает прирост NDCG на 12-15% и Recall на 11-13% по сравнению с классическими методами collaborative filtering;
- LightGCN превосходит NGCF на 16% по эффективности обучения при сохранении аналогичного или лучшего качества рекомендаций;

Исследования показывают, что графовые модели особенно эффективны для задач холодного старта и для пользователей с небольшим количеством взаимодействий благодаря способности эффективно распространять информацию по графу [13].

Обсуждение результатов

Сравнительный анализ различных моделей по критериям точности, производительности и масштабируемости показал следующие результаты. Для объективного сравнения различных подходов к построению рекомендательных систем необходимо оценить их эффективность по нескольким ключевым критериям.

В таблице 1 представлено сравнение моделей по точности прогнозирования, производительности и масштабируемости.

Таблица 1 – Сравнительный анализ моделей рекомендательных систем

Модель	Точность (NDCG@10)*	Время обучения**	Время вывода***	Масштабируемость	Объем памяти
Content-based	0,65-0,70	Низкое	Среднее	Высокая	Средний
User-based CF	0,70-0,75	Низкое	Высокое	Низкая	Высокий
Item-based CF	0,72-0,78	Среднее	Среднее	Средняя	Средний
Matrix Factorization	0,78-0,82	Среднее	Низкое	Высокая	Низкий
Neural CF	0,80-0,85	Высокое	Среднее	Средняя	Средний
RNN-based	0,82-0,87	Высокое	Среднее	Средняя	Высокий
Transformer-based	0,85-0,90	Очень высокое	Среднее	Средняя	Высокий
Reinforcement Learning	0,83-0,88	Очень высокое	Среднее	Низкая	Высокий
Graph Neural Networks	0,87-0,92	Высокое	Высокое	Низкая	Высокий
Hybrid (ensemble)	0,88-0,94	Очень высокое	Высокое	Низкая	Очень высокий

* Значения усреднены по результатам нескольких исследований на различных наборах данных.

** Время обучения для набора данных среднего размера.

*** Время, необходимое для генерации рекомендаций для одного пользователя.

Дополнительный анализ по критериям:

1. Точность прогнозирования моделей рекомендательных систем:

– современные модели на основе глубокого обучения и графовых нейронных сетей демонстрируют наивысшую точность, особенно в сложных сценариях с разнородными данными;

– гибридные модели, комбинирующие различные подходы, обычно превосходят отдельные методы;

– классические методы, такие как content-based filtering, показывают удовлетворительные результаты для простых сценариев, но уступают в сложных случаях.

2. Производительность и вычислительные требования:

- модели глубокого обучения и RL требуют значительных вычислительных ресурсов для обучения, но могут быть оптимизированы для быстрого вывода;
- традиционные методы collaborative filtering более эффективны с точки зрения обучения, но могут быть медленными при формировании рекомендаций в режиме реального времени;
- трансформерные архитектуры и GNN часто требуют специализированного оборудования (GPU/TPU) для эффективного обучения.

3. Масштабируемость моделей рекомендательных систем:

- Matrix factorization и некоторые нейросетевые модели хорошо масштабируются на большие наборы данных;
- User-based CF и графовые модели сталкиваются с проблемами масштабируемости при увеличении количества пользователей;
- для крупномасштабных промышленных систем часто требуются специальные архитектурные решения (распределенные вычисления, кэширование, приближенные методы поиска ближайших соседей).

4. Адаптивность к новым данным:

- RL и онлайн-обучение позволяют моделям адаптироваться к новой информации в режиме реального времени;
- классические методы обычно требуют периодического переобучения;
- некоторые гибридные подходы используют инкрементальное обучение для постепенной адаптации к новым данным.

В данном обзоре были рассмотрены различные модели рекомендательных систем, начиная от классических подходов и заканчивая современными методами на основе искусственного интеллекта. Классические методы, такие как content-based filtering и collaborative filtering, заложили фундамент для развития персонализированных рекомендаций. Эти подходы отличаются простотой реализации и интерпретируемостью, но имеют ограничения в точности и масштабируемости. Гибридные модели, комбинирующие различные подходы, позволяют преодолеть индивидуальные ограничения отдельных методов и обеспечивают более высокое качество рекомендаций за счет синергетического эффекта. Современные методы, основанные на глубоком обучении, обучении с подкреплением и графовых нейронных сетях, значительно расширили возможности рекомендательных систем. Они способны моделировать сложные нелинейные взаимодействия, учитывать последовательность и контекст действий пользователя, интегрировать разнородные источники данных. Однако, несмотря на значительный прогресс в области рекомендательных систем, остается ряд нерешенных проблем и вызовов:

- холодный старт – для новых пользователей и объектов недостаток данных снижает качество рекомендаций. Возможные решения: использование метаданных, трансферное и активное обучение;

- разреженность данных – большинство взаимодействий отсутствуют, что усложняет обучение моделей. Графовые нейронные сети и глубокое обучение частично решают проблему;

- объяснимость – сложные модели трудно интерпретировать, что снижает доверие пользователей. Развиваются методы визуализации и объяснения рекомендаций;

- этика и предвзятость – алгоритмы могут усиливать предубеждения и ограничивать разнообразие контента. Требуются механизмы обеспечения справедливости и инклюзивности;

- конфиденциальность – персонализация требует обработки личных данных, что вызывает риски утечек. Развиваются методы федеративного обучения и дифференциальной приватности.

- персонализация и контекст – учет факторов (время, устройство, настроение) требует продвинутых алгоритмов, баланс между персонализацией и разнообразием рекомендаций остается вызовом.

- оценка эффективности – офлайн-метрики не всегда отражают реальный пользовательский опыт. A/B-тестирование надежнее, но ресурсоемко.

– многоцелевая оптимизация – необходимо учитывать сразу несколько параметров (релевантность, новизна, доход), что усложняет алгоритмическую настройку.

Заключение

Сравнительный анализ различных моделей показал, что современные подходы превосходят классические методы по точности прогнозирования, но требуют больших вычислительных ресурсов и сложнее в реализации и поддержке. Гибридные модели и ансамбли алгоритмов демонстрируют наивысшую точность, но имеют ограничения в масштабируемости и оперативности. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что рекомендательные системы обладают значительным потенциалом для использования в образовательной сфере, в частности - разработки модели цифровой обучения для обеспечения гибкости и доступности образования.

Список литературы

1. Gomez-Uribe C.A. The Netflix recommender system: Algorithms, business value, and innovation / C.A. Gomez-Uribe, N. Hunt // ACM Transactions on Management Information Systems. – 2022. – № 6(4). – P. 1-19. <https://doi.org/10.1145/2843948>.
2. Pazzani M.J. Content-based recommendation systems / M.J. Pazzani, D. Billsus // In The adaptive web. – 2007. – P. 325-341. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_10.
3. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms / B. Sarwar et al // Proceedings of the 10th International Conference on World Wide Web. – 2001. – P. 285-295. <https://doi.org/10.1145/371920.372071>.
4. An algorithmic framework for performing collaborative filtering / J.L. Herlocker et al // Proceedings of the 22nd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. – 1999. – P. 230-237. <https://doi.org/10.1145/312624.312682>.
5. Deshpande, M. Item-based top-N recommendation algorithms / M. Deshpande, G. Karypis // ACM Transactions on Information Systems. – 2004. – № 22(1). – P. 143-177. <https://doi.org/10.1145/963770.963776>.
6. Koren Y. Matrix factorization techniques for recommender systems / Y. Koren, R. Bell, C. Volinsky // Computer. – 2009. – № 42(8). – P. 30-37. <https://doi.org/10.1109/MC.2009.263>.
7. Burke R. Hybrid web recommender systems / Burke R. // In The adaptive web. – 2007. – P. 377-408. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_12.
8. Session-based recommendations with recurrent neural networks / B. Hidasi et al // Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2016. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1511.06939>.
9. Attention is all you need / A. Vaswani et al // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>.
10. Deep reinforcement learning for page-wise recommendations / X. Zhao et al // Proceedings of the 12th ACM Conference on Recommender Systems. – 2018. P. 95-103. <https://doi.org/10.1145/3240323.3240357>.
11. Top-K off-policy correction for a REINFORCE recommender system / M. Chen et al // Proceedings of the 12th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. – 2019. – P. 456-464. <https://doi.org/10.1145/3289600.3290999>.
12. Hamilton W.L. Representation learning on graphs: Methods and applications / W.L. Hamilton, R. Ying, J. Leskovec // IEEE Data Engineering Bulletin. – 2017. – № 40(3). – P. 52-74. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1709.05584>.
13. Session-based recommendation with graph neural networks / S. Wu et al // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2019. – № 33(1). – P. 346-353. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.3301346>.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось/финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP23488869).

К.Е. Икласова^{1*}, А.К. Шайханова², М.Ж. Базарова³, Р.М. Ташибаев¹, А.С. Казанбаева¹

¹М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
150000, Қазақстан Республикасы, Петропав қаласы, Пушкин көшесі, 86

²Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Сәтпаев көшесі, 2

³С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті,
070002, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, 30-шы Гвардиялық дивизия, 34 к.
*e-mail: keiklasova@ku.edu.kz

ҰСЫНЫС ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ: МОДЕЛЬДЕР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР БІЛІМ БЕРУ ПЛАТФОРМАЛАРЫНДА ҚОЛДАНУ

Ұсыныс жүйелері интернет-дүкендерде, ағындық қызметтерде, әлеуметтік желілерде және білім беру платформаларында жеке ұсыныстар беру арқылы цифрлық ортада шешуші рөл атқарады. Бұл жұмыста мазмұнды және бірлескен сүзуді, гибридті тәсілдерді, сондай-ақ терең оқытуға, күшейтуге және графикалық нейрондық желілерге негізделген заманауи алгоритмдерді қоса алғанда, ұсыныс жүйелерінің модельдеріне жан-жақты шолу берілген. Әр түрлі әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері, олардың дәлдігі, өнімділігі, ауқымдылығы және жаңа деректерге бейімделуі талданады. «Суық бастау» мәселесі, деректердің сирек болуы, алгоритмдердің біржақтылығы, ұсыныстарды түсіндіру қажеттілігі және құпиялылықты қамтамасыз ету сияқты негізгі қоңыраулар қарастырылады. Білім беру платформаларына ұсынымдық жүйелерді енгізу перспективаларына ерекше назар аударылды. Пайдаланушылардың деректерін тиімді талдау және жеке қажеттіліктерді ескере отырып ұсыныстар құру үшін гибридті және интеллектуалды жүйелерді пайдаланудың маңыздылығы атап өтілді. Қорытындылай келе, жасанды интеллекттің жаңа технологияларын интеграциялаумен, есептеу ресурстарын оңтайландырумен және оларды әртүрлі цифрлық экожүйелерде қолдану аясын кеңейтумен байланысты ұсынымдық жүйелерді одан әрі дамыту туралы қорытынды жасалды. Жұмыс жасанды интеллект және білім беру технологиялары саласында жұмыс істейтін зерттеушілерге, әзірлеушілерге және тәжірибешілерге пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: ұсыныс жүйелері, бірлескен сүзу, терең оқыту, күшейту жаттығулары, графикалық нейрондық желілер, білім беру платформалары, даралау, деректерді талдау.

K.E. Iklassova^{1*}, A.K. Shaikhanova², M.Zh. Bazarova³, R.M. Tashibayev, Kazanbayeva¹ A.C.

¹M. Kozybayev North Kazakhstan University,
150000, Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkina Str, 86

²L.N. Gumilyov Eurasian National University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev Str., 2

³Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,
070002, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 30th Gvardeiskoy Divisii Str, 34
*e-mail: keiklasova@ku.edu.kz

REVIEW OF RECOMMENDER SYSTEMS: MODELS AND PROSPECTS FOR USE IN EDUCATIONAL PLATFORMS

Recommendation systems play a key role in the digital environment, providing personalized recommendations in online stores, streaming services, social networks, and educational platforms. This paper presents a comprehensive review of recommendation system models, including content and collaborative filtering, hybrid approaches, and state-of-the-art algorithms based on deep learning, reinforcement learning, and graph neural networks. The advantages and disadvantages of different methods, their accuracy, performance, scalability and adaptability to new data are analyzed. The main challenges such as the cold-start problem, data sparsity, bias of algorithms, the need for explainability of recommendations and privacy assurance are reviewed. Special attention is paid to the prospects of implementing recommendation systems in educational platforms. The importance of using hybrid and intelligent systems to effectively analyze user data and build recommendations tailored to individual needs is emphasized. The conclusion is drawn about further development of recommendation systems, which will be associated with the integration of the latest artificial intelligence technologies, optimization of computational resources and expansion of their application area in various digital ecosystems. The work can be useful for researchers, developers and practitioners working in the field of artificial intelligence and educational technologies.

Key words: recommendation systems, collaborative filtering, deep learning, reinforcement learning, graph neural networks, educational platforms, personalization, data analysis.

Сведения об авторах

Кайнижамал Есимсеитовна Икласова* – PhD, доцент кафедры «Информационно-коммуникационные технологии», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – PhD, и.о. профессора кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Мадина Жомартовна Базарова – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Компьютерное моделирование и информационные технологии», Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова; e-mail: madina_vkgtu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2580-6580>.

Рустем Маратович Ташибаев – докорант, Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева; e-mail: rasll17@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2436-9584>.

Альбина Советовна Казанбаева – PhD, доцент кафедры «Строительство и дизайн», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, e-mail: akazanbaeva83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3077-3499>.

Авторлар туралы мәліметтер

Икласова Кайнижамал Есимсеитовна* – PhD, «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедраның доценті, М.Козыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Мадина Жомартовна Базарова – PhD, «Компьютерлік үлгілеу және ақпараттық технологиялар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті; e-mail: madina_vkgtu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2580-6580>.

Рустем Маратович Ташибаев – докторант, М. Козыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті; e-mail: rasll17@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2436-9584>.

Альбина Советовна Казанбаева – PhD, «Құрылыс және дизайн» кафедраның доценті, М. Козыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан университеті; e-mail: akazanbaeva83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3077-3499>.

Information about the authors

Kainizhamal Iklassova* – PhD, associate professor, Department of Information and Communication Technologies, Manash Kozybayev North Kazakhstan University; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Aigul Kairulaevna Shaikhanova – PhD, Acting Professor, Department of Information Security, L.N. Gumilyov Eurasian National University; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Madina Zhomartovna Bazarova – PhD, associate professor of the Department of Computer Modeling and Information Technology, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University; e-mail: madina_vkgtu@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-2580-6580>.

Rustem Maratovich Tashibayev – PhD student, Manash Kozybayev North Kazakhstan University; e-mail: rasll17@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2436-9584>.

Albina Sovetovna Kazanbayeva – PhD, associate professor, Department of Building and design, Manash Kozybayev North Kazakhstan University; e-mail: akazanbaeva83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3077-3499>.

*Поступила в редакцию 02.03.2025
Поступила после доработки 11.03.2025
Принята к публикации 13.03.2025*



A.Shaikhanova^{1*}, K. Iklassova², I. Uvaliyeva³, R. Kyrgyzbaeva⁴, K. Myrzakhanov⁴

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev Str., 2

²Manash Kozybayev North Kazakhstan University,

150000, Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkina Str, 86

³D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,

070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, D. Serikbayev STR., 19

⁴Bilim Media Group LLP, Astana, Kazakhstan

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

ANALYTICAL REVIEW OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES USAGE IN EDUCATION

Abstract: *The integration of online and digital technologies into learning processes has significantly transformed the pedagogical landscape, making education more accessible and flexible. These technologies help overcome traditional limitations related to time and space, enabling students and educators to engage in learning activities from virtually anywhere. As technology continues to advance and the demand for digital education grows, innovative educational platforms are emerging worldwide to enhance the learning experience.*

One such platform is BilimLand, which actively incorporates modern teaching methods and digital tools to improve the quality of education. BilimLand offers a wide range of interactive resources, multimedia lessons, and adaptive learning technologies, making it a valuable tool for both students and teachers. By integrating gamification elements and personalized learning pathways, the platform aims to create an engaging and effective educational environment.

This article presents an analytical review of digital resources designed to enhance the accessibility and flexibility of education. Additionally, it provides a comparative analysis of BilimLand in relation to leading global online learning platforms, examining its strengths, weaknesses, and unique features. The study aims to assess how BilimLand contributes to the evolving digital education ecosystem and its potential to compete with international e-learning solutions.

Key words: *online school, digital educational technology, educational platform, evaluation criteria, e-learning, education accessibility, BilimLand.*

Introduction

A key element of the United Nations' 2030 Agenda for Sustainable Development is quality education, with a focus on ensuring inclusive and equitable education for everyone. Digital technologies have already become vital in achieving other sustainable development objectives [1]. They offer tools to identify emission sources, enhance energy efficiency, promote low-carbon alternatives to fossil fuels, and even remove excess greenhouse gases from the atmosphere. These technologies aim to reduce or eliminate pollution and waste while boosting productivity and efficiency. And now, the impact of digital technologies on the education system has been significant, and their role has been further solidified by the recent COVID-19 pandemic [2, 3].

Online learning has accelerated the adoption of digital technologies, raising questions about the process, nature, scale and effectiveness of digitalization in schools [4]. In particular, many schools have experienced a lack of expertise and low digital capacity, which has intensified disengagement, inequality, and loss of learning [5-7]. These results highlighted the need for schools to develop expertise and digital capacity, and to increase the level of digitalization [8]. Digitalization offers the prospect for significant improvements in schools [9] and encompasses many aspects of school development [10]. However, the process is complex and requires deep transformation beyond the technical aspects of technology and infrastructure [11]. For a successful digital transformation, schools must strengthen their digital capabilities by building the necessary culture, policies, infrastructure, and digital competence of students and staff to support the effective integration of technology into the classroom.

Nowadays, digital technologies play an increasing role in education, helping teachers to organize their work more effectively and improve the quality of education. In this regard, the development of an application for organizing the teacher's work based on the study of the world's digital educational resources is becoming an increasingly relevant topic. Such an application can

become an indispensable tool for educators, helping them to find the necessary features quickly and easily. This study will consider the main directions of the world's digital educational resources research and key tasks in the development of such an application.

The purpose of this study is to investigate and analyze the existing digital technologies in education with a description of their functionality and advantages.

Overview of Online Education Systems

In 2023, the volume of the global online education market reached \$237,3 billion. For comparison, in 2022, the figure was \$195,8 billion. Thus, the growth of approximately 21% was recorded. The corresponding data are reflected in the Market Research Future report, published in mid-July 2024 [12].



Figure 1 – E-learning market industry

Online teaching has globally become a part of the learning process and has been more well-established in developed countries [13]. Online education platforms provide additional flexibility in terms of class schedules, formats and content, meeting a variety of needs.

If we look at the education market globally, analysts believe that by 2030 it will reach a volume of about \$10 trillion with an average annual growth rate of about 5,8%. At the same time, in 2000 this market was estimated at only \$2,8 trillion, and its cumulative average annual growth rate up to 2020 was about 4,3%. The structure of the global education market in 9 years is presented in Figure 2.

At the same time, the share of online education will still be small and will amount to about 5%. It is also worth noting that there are not enough solutions for school education on the market at the moment.

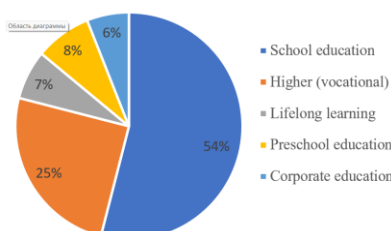


Figure 2 – The structure of the global education market

That is why more and more new educational companies are appearing, aimed specifically at working with schoolchildren, and the general distribution of EdTech startups in the world is currently presented in Figure 3.

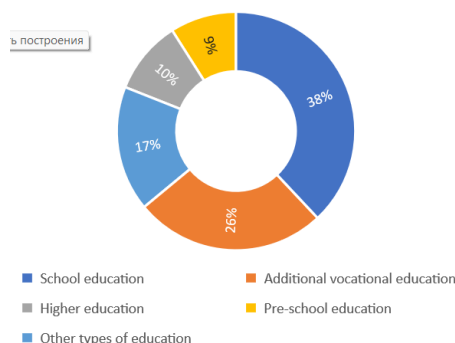


Figure 3 – General distribution of EdTech startups

The main advantages of online education: flexible schedule, which implies the possibility of choosing the time that is convenient for the learner; field flexibility, i.e. the possibility of obtaining specialized knowledge in any field in any educational institution in the world; individual approach; availability of unique training programs; focus on project activities, etc.

Algorithms for managing the formation of IT competencies in senior preschool children in the context of an information and educational environment [14], algorithms for constructing an educational policy for an educational institution [15], as well as methods for indicative planning of resource use [16] can be introduced into existing digital solutions.

There are many software solutions for the implementation and organization of e-learning classes. The use of modern digital technologies and tools allow teachers to effectively organize their work and improve the quality of education. The most widespread global online learning systems include the following platforms:

- Moodle is a learning management platform that is used in over 230 countries around the world [17];
- Blackboard is a learning management platform that is used in more than 100 countries around the world [18];
- Canvas is a learning management platform that is used in more than 1,000 educational institutions around the world [19];
- Edmodo is a platform for communication and collaboration in education that is used in more than 190 countries around the world [20];
- Google Classroom is a learning management platform that is used in more than 150 countries around the world [21].

The research analysis [22] indicated that Moodle exhibited the highest level of manifestation across all criteria, suggesting its significant advantages and preference for use in general secondary education institutions. In [18] research, it is focus on the accessibility of the Blackboard mobile app, which is one of the most common Learning Management Systems (LMS) used by many universities, especially during the current COVID-19 pandemic. Using Canvas as a LMS in educational settings offers both advantages and challenges. One of the key benefits is its support for asynchronous learning, allowing students to access and interact with course materials at their own pace, which helps accommodate various learning styles and schedules. Additionally, Canvas integrates a variety of learning tools and collaborative features, such as discussion forums and group projects, fostering an interactive learning environment that enhances student engagement and simulates real-world teamwork scenarios [19]. Students' perceptions will be compared to the teaching perspective of Google Classroom as an appropriate platform for achieving the desired learning outcomes in the ESP classroom in a more task-based, learner-centred, and multimodal learning environment. In addition to its numerous opportunities, [21] research also considers the challenges encountered by using Google Classroom such as cognitive overload, technical glitches, increased levels of plagiarism, social distancing, and excessive workload, which can be daunting both for students as well as teachers.

The most popular Russian software solutions for remote education include the following platforms:

- «Электронная школа» («Digital School») is designed for conducting lessons online, as well as for organizing remote education [23];
- «Skyeng» is an online English school, with a dedicated platform and video conferences [24];
- «GeekBrains» is an online programming school with video lessons and online courses [25];
- «Skillbox» is an online design and programming school with video lessons and online courses [26].

Courses are often accompanied by video lectures, tests and assignments that allow students to test their knowledge.

Overview of educational it solutions in Kazakhstan

Digitalization of school education is an integral part of the digital transformation of educational services in the information society. Under the Digital Kazakhstan program and in the framework of GIGA's cooperation with UNICEF and the International Telecommunication Union (ITU), efforts are being made to reduce the digital divide between urban and rural schools.

The Ministry of Education of Kazakhstan, working with educators, created a range of learning materials, such as television programs and instructional videos, that were made available through digital platforms that provided online access throughout the pandemic. As a direct result of this rapid shift to online learning, schools gained access to online knowledge and connections to other people and schools far beyond their immediate environment.

There are many online education platforms that provide courses in various fields. There are a number of leading global online learning platforms, the content and IT infrastructure of which are constantly being modernized: Coursera (more than 4,000 courses), edX (more than 3,000 courses), Udemy (more than 155,000 courses), FutureLearn (more than 400 courses), Khan Academy (more than 10,000 courses). Within the framework of this study, several Kazakhstani developments that are currently used in the educational market of Kazakhstan have been selected for content and IT infrastructure modernization:

- BilimLand is a multilingual online educational platform for teaching school subjects [27];
- OnlineMektep is a comprehensive solution for the teacher (organizer of e-learning in the traditional teacher-student model) and for the student in interaction with the teacher, or in the form of independent learning;
- BilimlandKids is a multimedia IT product for mastering the Kazakh language from an early age;
- iTest is an online simulator for preparation for UNT (Unified National Testing), final certification and EEEA (External Evaluation of Educational Achievements);
- Twig-Bilim is an innovative platform with a unique online learning resource that provides an opportunity to use interdisciplinary links in teaching science subjects with humanities subjects;
- Bilimcenter is a platform for organizing additional education and preparation for international comparative studies PISA, TIMSS, PIRLS with monitoring and certification;
- BilimUstaz is an online platform to support teacher's professional growth and activity, introduction of new pedagogical ideas and educational technologies that allow to form modern competencies of a teacher in the conditions of digital transformation of education;
- iMektep - interactive lessons for primary grades in Kazakh.

BilimLand is an educational platform that was developed to improve the quality of education in Central Asia [28]. The platform provides a wide range of educational materials and tools aimed at schoolchildren, students and educators.



Figure 4 – BilimLand educational platform page

Key features of BilimLand include:

- Adaptive learning. The platform offers personalized courses and exercises that adapt to the learners' knowledge level and needs [29];
- Interactive materials. The website contains a variety of learning materials such as video lessons, interactive exercises and tests, which makes the learning process more engaging. Particularly worth mentioning is the virtual laboratory;
- Analytics and Reports. The platform provides tools for tracking students' progress, allowing teachers and parents to monitor progress and adjust the learning process in time;
- Courses in core subjects. BilimLand covers a wide range of school subjects, including math, physics, chemistry, languages, and more;
- Multi-language support. The platform is available in multiple languages, allowing it to be used in multilingual and multicultural educational environments.

Several mobile applications are available on the Bilimland.kz platform, each designed for specific purposes and audiences. A detailed description of each application is presented in Table 1.

Each of these applications is specifically designed to meet the needs of its audience, providing convenient access to educational resources and tools from mobile devices.

Table 1 – Functionality of Bilimland mobile applications for different user groups

Purpose	Content and functionality	Availability
<i>Content Library</i>		
Application for access to educational materials and resources	<ul style="list-style-type: none"> • Interactive lessons: View and use interactive lessons and multimedia materials. • E-textbooks: Access e-textbooks on a variety of subjects. • Video lessons: Viewing video lessons and presentations. • Tests and Assignments: Take tests and complete assignments for self-testing and preparation. 	Designed for students and faculty, supports access from mobile devices
<i>Teacher</i>		
An application for educators to help create and manage the educational process	<ul style="list-style-type: none"> • Course Creation: Ability to create and customize training courses and lessons. • Classroom Management: Manage groups of students and track their progress. • Teaching Materials: Access to teaching aids and lesson plans. • Feedback: Ability to give and receive feedback to and from students. 	Designed for teachers and educational administrators
<i>Parent</i>		
An application for parents to keep track of their children's progress and educational process	<ul style="list-style-type: none"> • Grade Tracking: View children's grades and test results. • Homework Monitoring: Access the assignments and materials that children are completing as part of their homework. • Notifications: Receive notifications of new materials, schedule changes, and other important events. • Accessibility: Designed for parents who want to be actively involved in their children's education. 	Designed for parents who want to be actively involved in their children's educational process
<i>Student</i>		
An application for students that offers access to learning resources and tools for learning	<ul style="list-style-type: none"> • Accessing materials: Viewing and using interactive lessons, textbooks, and videos. • Assignments: Taking tests and completing learning assignments. • Participate in Courses: Access additional educational courses and classes. • Tracking progress: View test scores and grades 	Designed for students of all ages who want to learn and progress

Methods

The main hypothesis of the study is that the implementation of comparative analysis will allow to identify the advantages and disadvantages of online educational platforms in Kazakhstan for their further modernization. Modernization will increase the efficiency of these systems by meeting new unique educational needs and digital transformation of education.

To implement the scientific research, approaches based on interdisciplinarity will be applied, as the application of innovative educational technologies for content modernization and modern digital technologies for modernization of IT infrastructure of educational online platforms in Kazakhstan are provided. Thus, an integrated application of educational and digital technologies is realized to improve the efficiency of existing domestic IT products of education digital transformation.

At the initial stage of the research within the framework of this article, in order to comprehensively study the problem and model the technological processes of the subject area, the research and analysis of the IT infrastructure of educational online platforms in Kazakhstan will be conducted in accordance with the new educational needs.

At this stage, a descriptive approach will be initially applied: an intensive information and patent search will be conducted, a comparative analysis of the advantages and disadvantages of existing modern IT solutions used in secondary education and requiring modernization will be performed.

To better investigate the functionality and understand the capabilities of BilimLand platform, a comparative analysis with three well-known foreign educational platforms: Khan Academy, IXL Learning and Education.com was carried out. The indicators presented in Figure 5 were selected to analyze BilimLand web-platforms.

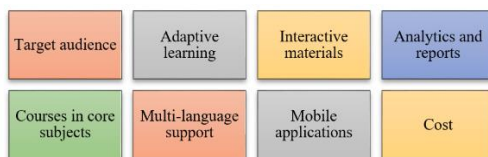


Figure 5 – Comparative analysis indicators of BilimLand online educational web platform

BilimLand's mobile app comparative analysis metrics are shown in Figure 6.

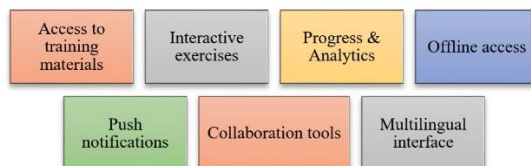


Figure 6 – BilimLand Mobile Platform comparative analysis indicators

Results&Findings

The following is a comparative analysis of the online educational platform BilimLand:

- Target audience: All platforms target a wide range of users, including schoolchildren, students and educators. However, BilimLand stands out by offering support in multiple languages, making it more accessible to multilingual regions.
 - Adaptive learning: All platforms reviewed support adaptive learning, which allows users to receive personalized guidance and assignments. This is a key aspect for effective learning.
 - Interactive materials: All platforms offer interactive materials, which makes learning more engaging. BilimLand stands out for the variety of interactive tools available.
 - Analytics and Reporting: All platforms provide analytics and reporting features to track learners' progress. This is important to customize the learning experience for each learner.
 - Core subject courses: All platforms offer a wide range of core subject courses. This ensures a holistic approach to learning.
 - Multi-language support: BilimLand has the advantage of multi-language support, making it more versatile in multilingual regions.
 - Mobile Apps: All platforms have mobile apps for iOS and Android, allowing access to the materials from different devices.
 - Cost: While Khan Academy provides all content for free, the other platforms require a paid subscription. BilimLand offers both free and paid content, making it more flexible in terms of accessibility.

Next, a comprehensive analysis of the BilimLand platform was conducted, comparing it with its foreign counterparts Khan Academy, IXL Learning, and Education.com, and considering the mobile applications of these platforms and their functionality.

Table 2 presents the results of the comparative analysis of BilimLand Web-platforms with global brands of online educational platforms Khan Academy, IXL Learning and Education.com.

Mobile apps are an important part of educational platforms, providing access to learning materials on the go. Here is a look at the functionality of mobile applications for BilimLand, Khan Academy, IXL Learning and Education.com.

Table 3 presents the results of the comparative analysis of BilimLand mobile applications with global brands of Khan Academy, IXL Learning and Education.com online education platforms.

The BilimLand platform is a powerful tool for digital education with numerous advantages, including adaptive learning, interactive materials and multilingual support. Comparison with foreign platforms Khan Academy, IXL Learning and Education.com shows that BilimLand combines elements of successful educational solutions and provides unique opportunities for multilingual educational environments.

Table 2 – Comparative analysis of Bilimland web-platforms

Characteristics	BilimLand	Khan Academy	IXL Learning	Education.com
Target audience	Pupils, students, teachers	Pupils, students, parents, teachers	Pupils, students, teachers	Pupils, parents, teachers
Adaptive learning	Yes	Yes	Yes	No
Interactive materials	Yes	Yes	Yes	Yes
Analytics and reports	Yes	Yes	Yes	Yes
Courses in core subjects	Yes	Yes	Yes	Yes
Multi-language support	Yes	English only	English only	English only
Mobile applications	Yes (iOS and Android)	Yes (iOS and Android)	Yes (iOS and Android)	Yes (iOS and Android)
Cost	Partially free and paid content	Free	Paid	Paid

The mobile apps of all platforms provide access to learning materials and support important features such as analytics and offline access, but BilimLand stands out for its multi-language support and collaboration tools.

Table 3 – Comparative analysis of the functionality of Bilimland mobile applications

Feature	BilimLand	Khan Academy	IXL Learning	Education.com
Access to training materials	Yes	Yes	Yes	Yes
Interactive exercises	Yes	Yes	Yes	Yes
Progress & Analytics	Yes	Yes	Yes	Yes
Offline access	Yes	Yes	Yes	Yes
Push notifications	Yes	Yes	Yes	Yes
Collaboration tools	Chats, forums	Forums	No	No
Multilingual interface	Yes	No	No	No

These features make BilimLand a competitive player in the international education arena.

Conclusion

In the framework of this study, the educational online platform BilimLand was analyzed, which allows increasing the efficiency of the educational process through the use of innovative IT and pedagogical solutions. This Kazakhstani development has a large functionality and rich content sufficient to meet the requirements of modern consumer of educational services.

References

- González García E. Quality Education as a Sustainable Development Goal in the Context of 2030 Agenda: Bibliometric Approach / E. González García, E. Colomo Magaña, A. Cívico Ariza // Sustainability. – 2020. – № 12. – P. 5884. <https://doi.org/10.3390/su12155884>.
- Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review / S. Timotheou et al // Educ Inf Technol (Dordr). – 2023. – № 28(6). – P. 6695-6726. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>.
- Design and Implementation of an Online Teaching and Learning Management System / A. Adedoyin et al // Fudma Journal of Sciences. – 2023. – № 7(1). – P. 148-155. <https://doi.org/10.33003/fjs-2023-0701-1266>.
- Emergency remote schooling during COVID-19, EUR 30866 EN / R. Cachia et al // Publications Office of the European Union, Luxembourg. – 2021. <https://doi.org/10.2760/613798>.
- Blaskó Z. Learning losses and educational inequalities in Europe: Mapping the potential consequences of the COVID-19 crisis / Z. Blaskó, P.D. Costa, S.V. Schnepf // Journal of European Social Policy. – 2022. – № 32(4). – P. 361-375. <https://doi.org/10.1177/09589287221091687>.
- The likely impact of COVID-19 on education: Reflections based on the existing literature and international datasets / G. Di Pietro et al // Publications Office of the European Union, Luxembourg. – 2020. <https://doi.org/10.2760/126686>, JRC121071.
- What was a gap is now a chasm: Remote schooling, the digital divide, and educational inequities resulting from the COVID-19 pandemic / A.R. Golden et al // Current Opinion in Psychology. – 2023. – T. 52. – C. 101632.
- Costa P. Capturing schools' digital capacity: Psychometric analyses of the SELFIE self-reflection tool / P. Costa, J. Castaño-Muñoz, P. Kampylis // Computers & Education. – 2021. – № 162. – P. 104080. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104080>.

9. OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. Retrieved from: https://www.oecd-ilibrary.org/education/oecd-digital-education-outlook-2021_589b283f-en
10. Delcker J. Teachers' perspective on school development at German vocational schools during the Covid-19 pandemic / J. Delcker, D. Ifenthaler // *Technology, Pedagogy and Education*. – 2021. – № 30(1). – P. 125-139. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1857826>.
11. Pettersson F. Understanding digitalization and educational change in school by means of activity theory and the levels of learning concept / F. Pettersson // *Education and Information Technologies*. – 2021. – № 26(1). – P. 187-204. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10239-8>.
12. Snehal Singh. E Learning Market Research-Market Forecast Till 2032. 2024 URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/e-learning-market-18848>
13. Sofi-Karim M. Online education via media platforms and applications as an innovative teaching method / M. Sofi-Karim, A.O. Bali, K. Rached, // *Educ Inf Technol*. – 2023. – № 28. – P. 507-523. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11188-0>.
14. Construction of a fuzzy model for managing the process of forming IT-competences / K. Iklassova et al // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2024. – vol. 3, № 3(129). – P. 32-43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306183>.
15. Kulikov V. Entropy based decision making method in managing the development of a socioinformational system / V. Kulikov, K. Iklassova, A. Kazanbayeva // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. – 2020. – vol. 98, № 01. – P. 92-102.
16. Kulikova V. Development of a decision-making method to form the indicators for a university development plan / V. Kulikova, K. Iklassova, and A. Kazanbayeva // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2019. – vol. 3, № 3(99). – P. 12-21. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169193>.
17. Building a technology for mass organisation of distance learning for students in quarantine based on the Moodle platform / O.M. Spirin et al // *CTE Workshop Proceedings*. – 2024. – T. 11. – P. 81-97.
18. The state of accessibility in blackboard: Survey and user reviews case study / W. Aljedaani et al // *Proceedings of the 20th International Web for All Conference*. – 2023. – P. 84-95.
19. Oudat Q. Embracing digital learning: Benefits and challenges of using Canvas in education / Q. Oudat, M. Othman // *Journal of Nursing Education and Practice*. – 2024. – T. 14, № 10. – P. 39-49.
20. Liu D. The Processes and Practice of Using Design Methodology in Education: A Case Study of Edmodo Classroom / D. Liu // *Envisioning the Future of Education Through Design*. – Singapore: Springer Nature Singapore. – 2024. – P. 79-116.
21. Knezovic A. Opportunities And Challenges Presented By Google Classroom As A Learning Management System (Lms) In English For Specific Purposes (Esp) Courses / A. Knezovic // *INTED2024 Proceedings*. – 2024. – P. 3498-3508.
22. Morze N. Implementing innovative teaching methods for asynchronous learning using Moodle LMS / N. Morze, T. Terletska, L. Varchenko-Trotsenko // *CEUR Workshop Proceedings*. – CEUR-WS, Germany. – 2024. – № 3679. – P. 147-163.
23. Soboleva E.V. Quest in a Digital School: The Potential and Peculiarities of Mobile Technology Implementation / E.V. Soboleva // *European Journal of Contemporary Education*. – 2019. – T. 8, № 3. – P. 613-626.
24. Konobeiev A. Developing soft skills in adult learners of English in online courses: The case of Skyeng online school and Skyes digital platform / A. Konobeiev, V. Usanova, O. Gilmutdinova // *Research Papers in Language Teaching & Learning*. – 2022. – T. 12, № 1.
25. Nikolaevic S.A. Internationalization Strategies of Russian EdTech Companies: Barriers and Opportunities / S.A. Nikolaevic. – 2022.
26. Glebova A. Current Trends in the Global Information Technology Market in Engineering Education / A. Glebova // *2024 7th International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*. – IEEE, 2024. – P. 1-6.
27. Dina D. The use of digital education platforms in distance learning / D. Dina // *Editorial Board*. – 2022. – P. 306.
28. Zhumash B. Distance Learning Platforms in A Pandemic / B. Zhumash, Z.A. Mel'dibekova // *International Journal of Information and Communication Technologies*. – 2020. – vol. 1, № 4. <https://doi.org/10.54309/IJICT.2020.4.4.038>.

29. Zykrina S. Effective teacher feedback: adapting Internet technologies for criteria-based assessment / S. Zykrina, R. Gabdullin, K. Kozhabaev // World Transactions on Engineering and Technology Education. – 2022. – Т. 20, № 3. – P. 196-202.

Funding

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP23489228).

А.К. Шайханова^{1*}, К.Е. Икласова², И.М. Увалиева³, Р.Б. Кыргышбаева⁴, К.Е. Мырзаханов⁴

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2

²Северо-Казахстанский университет им. Манаша Козыбаева,
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86

³Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,
070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Д. Серикбаева, 19

⁴ТОО «Bilim Media Group», Астана, Казахстан

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

Аннотация: Интеграция онлайн и цифровых технологий в учебные процессы значительно преобразовала педагогический ландшафт, сделав образование более доступным и гибким. Эти технологии помогают преодолеть традиционные ограничения, связанные с временем и пространством, позволяя студентам и преподавателям участвовать в учебных мероприятиях практически из любого места. По мере того, как технологии продолжают развиваться и растет спрос на цифровое образование, по всему миру появляются инновационные образовательные платформы, улучшающие процесс обучения.

Одной из таких платформ является BilimLand, которая активно использует современные методы обучения и цифровые инструменты для повышения качества образования. BilimLand предлагает широкий спектр интерактивных ресурсов, мультимедийных уроков и адаптивных технологий обучения, что делает его ценным инструментом как для студентов, так и для учителей. Интегрируя элементы геймификации и персонализированные учебные пути, платформа стремится создать увлекательную и эффективную образовательную среду. В этой статье представлен аналитический обзор цифровых ресурсов, предназначенных для повышения доступности и гибкости образования. Кроме того, он предоставляет сравнительный анализ BilimLand в отношении ведущих мировых онлайн-платформ для обучения, рассматривая его сильные и слабые стороны, а также уникальные особенности. Исследование направлено на оценку того, как BilimLand способствует развитию цифровой образовательной экосистемы и его потенциала для конкуренции с международными решениями в области электронного обучения.

Ключевые слова: онлайн-школа, цифровые образовательные технологии, образовательная платформа, критерии оценки, электронное обучение, доступность образования, BilimLand.

А.К. Шайханова^{1*}, К.Е. Икласова², И.М. Увалиева³, Р.Б. Кыргышбаева⁴, К.Е. Мырзаханов⁴

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2

²Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
150000, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ., Пушкин к-сі, 86

³Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,
070004, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Д. Серікбаев көшесі, 19

⁴Bilim Media Group ЖШС, Астана, Қазақстан

*e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz

БІЛІМ БЕРУДЕ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУЫ

Онлайн және цифрлық технологияларды оқу үдерісіне енгізу педагогикалық ландшафтты айтарлықтай өзгертті, білім беруді қолжетімді әрі икемді етті. Бұл технологиялар уақыт пен кеңістікке байланысты дәстүрлі шектеулерді еңсеруге көмектесіп, студенттер мен оқытушыларға кез келген жерден оқу процесіне қатысуға мүмкіндік береді. Технологияның дамуы мен цифрлық білімге деген сұраныстың артуына байланысты бүкіл әлемде оқыту үдерісін жетілдіруге бағытталған инновациялық білім беру платформалары пайда болуда.

Осындай платформалардың бірі – BilimLand, ол білім беру сапасын арттыру үшін заманауи оқыту әдістері мен цифрлық құралдарды белсенді түрде енгізеді. BilimLand интерактивті ресурстардың кең ауқымын, мультимедиялық сабақтарды және бейімделетін оқыту технологияларын ұсынады, бұл оны студенттер мен мұғалімдер үшін құнды құралға айналдырады. Геймификация элементтері мен дербестендірілген оқыту траекторияларын біріктіре отырып, платформа қызықты әрі тиімді білім беру ортасын құруды мақсат етеді.

Бұл мақала білімнің қолжетімділігі мен икемділігін арттыруға бағытталған цифрлық ресурстардың аналитикалық шолуын ұсынады. Сонымен қатар, онда BilimLand платформасы мен жетекші жаһандық онлайн оқыту платформаларының салыстырмалы талдауы жүргізіліп, оның артықшылықтары, кемшіліктері және бірегей ерекшеліктері қарастырылады. Зерттеу BilimLand платформасының цифрлық білім беру экожүйесінің дамуына қосатын үлесін және оның халықаралық e-learning шешімдерімен бәсекелесу әлеуетін бағалауға бағытталған.

Түйін сөздер: онлайн мектеп, цифрлық білім беру технологиялары, білім беру платформасы, бағалау критерийлері, e-learning, білімнің қолжетімділігі, BilimLand.

Сведения об авторах

Айгуль Кайрулаевна Шайханова* – PhD, профессор кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Кайнижамал Есимсеитовна Икласова – PhD, доцент кафедры «Информационно-коммуникационные технологии», Северо-Казахстанский университет им. Манаша Қозыбаева, Петропавловск, Казахстан; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Индира Махмудовна Увалиева – PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: iuvalieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2117-5390>.

Райхан Болатбековна Кыргышбаева – магистр техники и технологий, инженер ТОО «Bilim Media Group», Астана, Казахстан; e-mail: zuschi@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3578-7251>.

Канат Ермеқұлы Мырзаханов – инженер-программист ТОО «Bilim Media Group», Астана, Казахстан; e-mail: kanat.m@bilimland.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0584-4067>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айгүл Кайрулақызы Шайханова* – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Кайнижамал Есимсеитқызы Икласова – PhD, «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедрасының доценті, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Индира Махмутқызы Увалиева – PhD, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан; e-mail: iuvalieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2117-5390>.

Райхан Болатбекқызы Кыргышбаева – Техника және технология магистрі, инженер, «Bilim Media Group» ЖШС, Астана, Қазақстан; e-mail: zuschi@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3578-7251>.

Канат Ермеқұлы Мырзаханов – инженер-бағдарламашы, «Bilim Media Group» ЖШС, Астана, Қазақстан; e-mail: kanat.m@bilimland.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0584-4067>.

Information about the authors

Aigul Kairulaevna Shaikhanova* – PhD, Professor, Department of Information Security, L.N. Gumilyov Eurasian National University; e-mail: shaikhanova_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Kajniczamal Esimseitovna Iklasova – PhD, Acting Professor of the Department of Information and Communication Technologies, Manash Kozybayev North Kazakhstan University; e-mail: keiklasova@ku.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>.

Indira Mahmudovna Uvalieva – PhD, Associate Professor, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University; e-mail: iuvalieva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2117-5390>.

Rajhan Bolatbekovna Kyrgyzbaeva – Master of Engineering and Technology, Engineer, Bilim Media Group LLP; e-mail: zuschi@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3578-7251>.

Kanat Ermekuly Myrzakhanov – Software Engineer, Bilim Media Group LLP; e-mail: kanat.m@bilimland.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0584-4067>.

Received 03.03.2025

Revised 07.03.2025

Accepted 12.03.2025

А.К. Шайханова^{1,2*}, Р.А. Буденов², О.Ш. Сатиев², Д.А. Тлепов², А.К. Тоққулиева¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана, Қ. Сәтпаев көшесі, 2,
²«WebTotem» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Астана, Қабанбай батыр даңғылы 51/1

*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

ҚАУІПСІЗ СМАРТФОНДЫ ЖОБАЛАУ ҮШІН WI-FI ЖӘНЕ LTE СЫМСЫЗ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ОСАЛДЫҒЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа: Бұл жұмыста қауіпсіз смартфонды жобалау контекстінде Wi-Fi сымсыз желілерінің (WEP, WPA, WPA2, WPA3) және LTE осалдықтарының практикалық талдау нәтижелерін ұсынады. Зерттеу Aircrack-ng, Wireshark, YateBTS және бағдарламалық қамтамасыз етумен анықталған BladeRF 2.0 радиосын қоса алғанда, құралдар кешенін пайдалана отырып жүргізілді, бұл шабуыл механизмдерін және заманауи хаттамалардың әртүрлі қауіп түрлеріне төзімділігін егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік берді.

Эксперименттік бөлім енуді тестілеуге арналған стендтер мен автоматтандырылған сценарийлерді әзірлеуді қамтыды. Талдау WEP протоколының маңызды осалдықтары бар екенін және оны небәрі 4 секундта бұзуға болатынын көрсетті. WPA2 аутентификация пакеттерін ұстауға байланысты шабуылдарға ұшырады, бұл ортадағы адам (MITM) шабуылдарын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Жақсартуларға қарамастан, WPA3 сонымен қатар Dragonblood шабуылдары сияқты жанама арналар арқылы шабуылдарға осалдығын көрсетеді. Өз кезегінде, LTE халықаралық мобильді абоненттік идентификаторды (IMSI Catching) ұстап алу қауіпіне және желі дәрежесін 3G/2G-ге дейін төмендету шабуылдарына ұшырайды, бұл шабуылдаушыларға қызмет көрсетуден бас тартуға және трафикті ұстап алуға мүмкіндік береді.

Нәтижелер ескірген стандарттардан бас тарту, WPA3 аутентификация механизмдерін жақсарту және LTE сигналдық хаттамаларын жақсарту қажеттілігін көрсетеді. Бұл жұмыс сымсыз байланыс қауіпсіздігін арттыруға және қауіпсіз мобильді құрылғыларды жобалауға ықпал етеді.

Түйін сөздер: Wi-Fi, LTE, желілік қауіпсіздік, қауіпсіздікті талдау, WEP, WPA, WPA2, WPA3, енуді тестілеу, бағдарламалық жасақтамамен анықталған радио.

Кіріспе

Смартфондарды қорғаудың жеткіліксіз деңгейі оларды құпия деректердің ағып кетуіне, рұқсатсыз бақылауға және маңызды жүйелердің бұзылуына ықпал ететін кибершабуылдарға осал етеді. Сымсыз желілердегі осалдықтар трафикті ұстап алуға және шабуылдаушылардың рұқсатсыз кіруіне жағдай жасай отырып, осы тәуекелдерді едәуір арттырады. Қауіпсіз мобильді құрылғыларды әзірлеу Wi-Fi және LTE/5G қоса алғанда, сымсыз байланыс технологияларының осалдықтарын егжей-тегжейлі талдауды қажет етеді. Бұл стандарттар тұрақты байланыс ұсынғанымен, олардың қауіпсіздігі телекоммуникациялық жүйелердің қарқынды дамуы жағдайында күрделі мәселелердің бірі болып қала береді. Өткізу қабілеті мен сенімділігіне қойылатын талаптардың өсуі, ұялы байланыс буындарының өзгеруі (3G-ден 5G-ге дейін), сондай-ақ мобильді құрылғылардың технологиялық базасының эволюциясы оларды қорғауды қамтамасыз ету міндетін қиындатады.

Check Point мәліметтері бойынша [1], ұйымдардың 29%-ы Wi-Fi желілері арқылы шабуылдарға тап болды, мобильді желілер (LTE/5G) байланыс инфрақұрылымына жасалған барлық шабуылдардың 15% құрады, оқиғалар санының өсуі өткен жылмен салыстырғанда 18% құрады. Зиянкелтірушілердің біліктілігінің артуы жағдайды нашарлатады: WEP және WPA хаттамалары оңай бұзылады [2], WPA2 аутентификацияға осал [3], ал WPA3 іске асыруда әлсіз жақтары бар [4]. GSM/LTE-де 4G және 5G желілері IMSI-ді ұстап қалуға және 2G [5], [6] қайта бағыттауға ұшырайды, бұл құпиялылыққа қауіп төндіреді. Осы осалдықтарды есепке алу пайдалану тәуекелдерін азайта отырып, қауіпсіз смартфон жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты – Wi-Fi (WEP, WPA, WPA2, WPA3) және LTE сымсыз желілерінің осалдықтарына теориялық және практикалық талдау жүргізу, оларды тестілеу әдістемесін әзірлеу, түпнұсқа сценарийлерін жасау арқылы пентестинг құралдарының функционалдығын

кеңейту, сондай-ақ қорғалған смартфонды жобалау контекстінде осы технологиялардың қорғалу деңгейін бағалау.

Зерттеу аясында келесі гипотезалар тұжырымдалды және тексерілді:

1. қолданыстағы Wi-Fi және LTE хаттамалары технологиялардың дамуы мен зиянкелтірушілердің біліктілігінің өсуіне байланысты заманауи кибершабуылдардан қорғаудың жеткіліксіз деңгейін қамтамасыз етеді;
2. практикалық енуді тестілеу сымсыз желілердің қауіпсіздік деңгейін нақты қауіп-қатерлерді модельдеу арқылы дәлірек бағалауға мүмкіндік береді, соның ішінде деректерді ұрлау, Құпия сөздерді ашу және қосылымды аз қорғалған қауіпсіздік деңгейлеріне (redirect attacks) мәжбүрлеп қайта бағыттауға негізделген шабуылдар.

Зерттеудің ғылыми үлесі осалдықтарды талдау және Wi-Fi (WEP, WPA, WPA2, WPA3) және LTE желілерінің қауіпсіздігін тексеру бойынша жаңа эксперименттік деректерді алу болып табылады. Зерттеу желілік конфигурациялардың қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін олардың қолданылуын көрсететін арнайы әзірленген стендтер мен әдістерді қолдану арқылы жүргізілді. Желілік құрылғыларды орнату және қорғалған мобильді құрылғыларды жобалау бойынша әзірленген ұсыныстар телекоммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында пайдаланушылардың қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді.

Протоколдардың осалдығын теориялық талдау эксперименттік стендтер мен сынақ әдістерін әзірлеумен толықтырылды, олардың нәтижелері WEP және WPA2 протоколдары инициализация және аутентификация векторларын ұстап қалу арқылы шабуылдарға осал екенін көрсетті, ал LTE IMSI ұстап қалуға және қосылымды аз қорғалған желілерге мәжбүрлеп қайта бағыттауға бейім.

Байланысқан жұмыстар

Wi-Fi және LTE сымсыз желілерінің осалдығын зерттеу (теориялық және практикалық) аспектілерді қамтиды. Schmitt және Raghavan [7] сигнал деңгейіндегі шабуылдар (signaling layer attacks) арқылы халықаралық мобильді абоненттік идентификаторды (International Mobile Subscriber Identity, IMSI) ұстап алу мүмкіндігін анықтау арқылы LTE желілерінде құпиялылықты жақсарту тәсілін ұсынды. Shaik және т.б. [5] жалған базалық станцияларды қолдана отырып, 4G/LTE желілерінде деректерді ұстап алу және қызмет көрсетуден бас тарту (Denial of Service, Qos) шабуылдарын көрсетті. Raza және т. б. [6] басқару деңгейінде (control plane) шифрлау кілттерін қайта орнату шабуылдарынан LTE қауіптерін анықтады.

Зерттеу жұмысында [8] 4G және 5G желісінің шабуылдарының үш түрі сипатталған:

- ToRPEDO (Tracking via Paging Message Distribution немесе пейджингтік хабарламаларды тарату арқылы бақылау) пейджингтік хаттамаларды талдау арқылы орынды анықтайды;
- PIERCER (Persistent Information Exposure by the Core Network немесе желінің ядросы арқылы ақпаратты үнемі ашып отыру) IMSI мен телефон нөмірі арасында байланыс орнатады;
- IMSI-Cracking шифрланған IMSI-ді ашу үшін толық іріктеу (brute-force) әдісін қолданады.

Nohl [2] GSM желілеріндегі A5/1 алгоритміне криптоталдау жүргізіп, шифрлау кілттерін алу үшін алдын ала есептелген кестелерді қолданатын шабуылды әзірледі.

Wi-Fi желілері үшін жұмыс авторлары [3] WPA2 және WPA 3-те аутентификация шабуылының мүмкіндігін көрсетті. Halbouni және т.б. WPA3 протоколының артықшылықтары мен кемшіліктерін парольге негізделген аутентификация механизмінің осалдығын және парольді аутентификациямен кілттерді сәйкестендіруді (Simultaneous authentication of Equals, SAE) көрсете отырып қорытындылады [4]. Baray және Ojha [9] WEP, WPA, WPA2 және WPA3 осалдықтарын зерттеп, Aircrack-ng утилитасы арқылы WEP және WPA2-ге зиян келтірудің жеңілдігін растады және ескірген құрылғылармен үйлесімділікте WPA3 қорғанысын WPA2-ге дейін төмендету қаупін анықтады.

1-кесте зерттеулерде сипатталған шабуылдар құралдары мен түрлерін қорытындылайды.

Біздің зерттеуіміз осы жұмыстарға сүйенеді, бірақ кешенді тәсілмен ерекшеленеді: Wi-Fi және LTE желілерінің осалдықтарын талдау, енуді тестілеуге арналған стендтер мен сценарийлерді әзірлеу (penetration testing), қауіпсіз смартфондарды жобалау кезінде ескеру қажет осалдықтарды анықтауға бағытталған. Әдістерге трафикті ұстау, базалық станцияларды эмуляциялау және SDR (USRP, HackRF) және утилиталар (Aircrack-ng, Wireshark, YateBTS) арқылы протоколдарды талдау кіреді. Осы зерттеудегі SDR таңдауы олардың әмбебаптығына негізделген, бұл Wi-Fi және LTE желілерінің радио интерфейсіне шабуылдарды модельдеуге мүмкіндік береді, бұл келесі тәсілдерге сәйкес келеді [5] және [6].

Кесте 1 – Сымсыз шабуылдарға шолу

Дереккөз	Желілік хаттама	Шабуыл түрі	Құралдар	Шабуылдың мақсаты
[2]	GSM	A5/1 кілттерін ұстап алу	Радио жабдықтар, алдын-ала есептелген кестелер	Деректердің ағып кетуі
[5]	4G/LTE	DoS (Denial of Service), деректерді ұстап алу	Жалған базалық станциялар, SDR USRP	Қызмет көрсетуден бас тарту, деректердің ағып кетуі
[6]	4G LTE	Шифрлау кілттерін қайта орнату	SDR HACKRF One	LTE компрометациясы
[8]	4G/5G	ToRPEDO (Tracking via Paging Message Distribution)	Сниффер, жалған базалық станция	Орналасқан жерді бақылау
[8]	4G/5G	PIERCER (Persistent Information Exposure by the Core Network)	Сниффер, жалған базалық станция	IMSI телефон нөмірімен байланысы
[8]	4G/5G	IMSI-Cracking	Сниффер	Раскрытие IMSI
[3]	Wi-Fi (WPA2/WPA3)	Аутентификациядан шығару	Көрсетілмеген	Отключение клиентов
[4]	Wi-Fi (WPA3)	SAE-ге шабуылдар (Simultaneous Authentication of Equals)	Әдебиеттерге талдау	WPA3 компрометациясы
[9]	Wi-Fi (WEP/WPA2)	Аутентификация пакеттерін ұстау, WPA3 қорғанысын төмендету	Aircrack-ng	Желіге қол жеткізу

Зерттеу әдістемесі

Сымсыз желілердің осалдығын талдау үшін екі эксперимент жоспарланды және жүзеге асырылды: Wi-Fi протоколдарын тестілеу және LTE желілерін зерттеу және смартфонды жобалауда қолданылатын сымсыз желілердің жалпы тұжырымдамасы мен қауіпсіздік талаптары қарастырылды. Эксперименттерді "WebTotem" ЖШС R&D бөлімі төменде сипатталған стендтер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып жүргізді.

Смартфонды жобалауда қолданылатын сымсыз желілердің жалпы тұжырымдамасы мен қауіпсіздік талаптары

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – сымдарды пайдаланбай Интернетке қол жеткізуді және деректермен алмасуды қамтамасыз ететін сымсыз деректерді беру технологиясы. Ол 2,4 ГГц және 5 ГГц жиіліктерінде жұмыс істейді, құрылғыларды (смартфондар, ноутбуктер, планшеттер) кіру нүктелеріне (маршрутизаторларға) қосады.

Wi-Fi желілеріндегі деректерді қорғау үшін WEP, WPA, WPA2 және WPA 3 шифрлау протоколдары қолданылады. 1997 жылы қабылданған WEP RC4 алгоритмін және 24 биттік инициализация векторын қолданады, бірақ тосқауыл шабуылдарына осал. WPA (2003) TKIP енгізді, бірақ сонымен бірге толық қорғалмаған. WPA2 (2004) CCMP көмегімен AES-128 қолданады, бұл қауіпсіздікті айтарлықтай жақсартады. WPA3 (2018) SAE, кәсіпорын желілері үшін 192 биттік шифрлауды және сөздік шабуылынан қорғауды жақсартты.

LTE (Long-Term Evolution) – жүктеу жылдамдығын 300 Мбит/с дейін қамтамасыз ететін 4G стандарты, Қазақстанда 800 МГц (кең қамту), 900 МГц (жақсартылған ену қабілеті), 1800 МГц (жылдамдық пен қамтудың оңтайлы үйлесімі), 2100 МГц (өткізу қабілеттілігінің жоғарылауы) және 2600 МГц (ең жоғары өткізу қабілеттілігі) диапазондары пайдаланылады деректерді беру жылдамдығы).

LTE қауіпсіздік жүйесі мыналарды қамтиды:

- SIM картасы арқылы аутентификация (рұқсатсыз кіруден қорғау).
- Деректерді шифрлау (AES, SNOW 3G).
- Сигналдық трафикті қорғау (хабарламалардың өзгеруіне жол бермеу).
- Уақытша идентификаторларды (IMSI) пайдалану (бақылаудан қорғау).
- IPsec қолдану (қорғалған деректерді беру).

Жоғары қорғаныс деңгейіне қарамастан, LTE IMSI-Catcher (идентификаторды ұстау), сигнал шабуылдары (DoS), сигналды өшіру (jamming) және шифрлау жеткіліксіз болған кезде трафикті талдау сияқты шабуылдарға бейім.

Смартфонды жобалауда қолданылатын сымсыз желілердің енуіне практикалық тестілеу және осалдықтарды анықтау

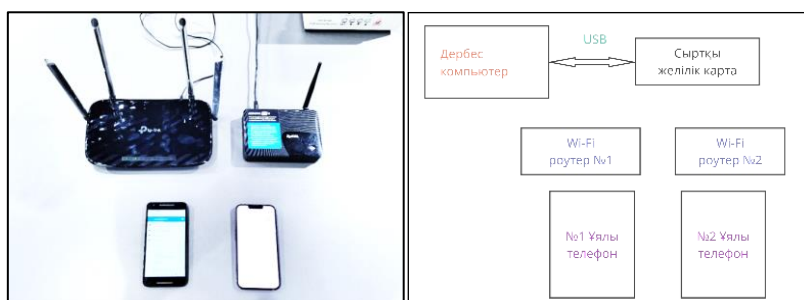
Смартфонды жобалауда қолданылатын сымсыз желілер туралы ақпаратты талдау негізінде зерттеу тобы практикалық тестілеудің келесі негізгі кезеңдерін өткізуге шешім қабылдады:

- Wi-Fi сымсыз желісінің осалдығына зерттеу жүргізу;
- LTE сымсыз байланыс осалдығына зерттеу жүргізу.

Эксперименттің мақсаты WEP, WPA, WPA2 және WPA3 протоколдарының деректерді ұстап алу шабуылдарына төзімділігін тексеру болды. Тестілеу үшін сынақ стенді (2-кесте, 1-сурет) қолданылды, оның құрамына дербес компьютер, екі Wi-Fi маршрутизаторы, сыртқы желілік карта және әртүрлі операциялық жүйелері бар мобильді құрылғылар кірді. Aircrack-ng және Wireshark бағдарламалық жасақтамалары трафикті талдау және аутентификация пакеттерін ұстап алу (handshake capture) үшін пайдаланылды.

Кесте 2 – Wi-Fi тестілеуге арналған жабдық

№	Жабдық	Үлгі	Негізгі сипаттамалары
1	Дербес компьютер	Lenovo ThinkPad T-480s	Intel Core i7, 16 ГБ ОЗУ, Fedora 40
2	Сыртқы желі картасы	TP-Link TL-WN722N	Wi-Fi тестілеуге арналған жабдық
3	Wi-Fi-роутер №1	TP-Link Archer C6 AC1200	2,4/5 ГГц, WPA/WPA2, 867 Мбит/с (5 ГГц)
4	Wi-Fi-роутер №2	ZYXEL Keenetic 4G II	2,4 ГГц, WEP/WPA/WPA2, 150 Мбит/с
5	№ 1 Ұялы телефон	LG Nexus 5X	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, Snapdragon 808
6	№ 2 Ұялы телефон	Apple iPhone 13	Wi-Fi 6, A15 Bionic, LTE MIMO 4x4



Сурет 1 – Зерттеуге пайдаланылған құрылғылардың фотосуреттері және Wi-Fi сымсыз желісінің осалдықтарын зерттеуге арналған сынақ стендінің құрылымдық сызбасы.

Әдістеме роутерлерді әртүрлі шифрлау протоколдарымен баптауды, мобильді құрылғыларды қосуды және кейіннен трафикті ұстап алуды қамтыды. WEP үшін инициализация векторлары (Initialization Vector, IV) талданды, WPA/WPA2 протоколдарының қауіпсіздігін талдау үшін аутентификация пакеттері зерттелді. WPA3 протоколы жағдайында деаутентификация шабуылдарына және байланыстың қауіпсіздік деңгейін төмендетуге бағытталған қайта бағыттау шабуылдарына (redirect attack) төзімділігі бағаланды.

Эксперимент 2 «LTE желісін зерттеу»

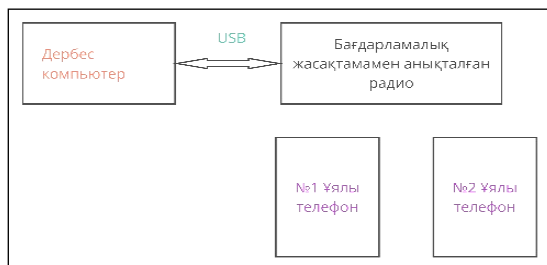
Мақсат LTE осалдықтарын, соның ішінде IMSI (International Mobile Subscriber Identity) және қызмет көрсетуден бас тарту (Denial of Service, DoS) шабуылдарын зерттеу болды. Бағдарламалық жасақтамамен анықталған радио (SDR, Software-Defined Radio) BladeRF 2.0, Ubuntu ОЖ дербес компьютері және мобильді құрылғылары (Nokia TA-1034, Xiaomi POCO3) бар стенд қолданылды (кесте. 3, сурет. 2). Виртуалды базалық станцияны іске асыру үшін YateBTS (Yet Another Telephony Engine base Transceiver Station) бағдарламалық жасақтамасы қолданылды.

Әдістеме GSM/LTE желісін имитациялау үшін YateBTS баптауды, құрылғыларды қосуды және сигналдық трафикті талдау арқылы IMSI ұстап алуды қамтыды. Қосымша түрде мобильді телефонды төменгі деңгейдегі желіге (мысалы, 4G-ден 3G-ге) ауыстыру арқылы байланыстың қауіпсіздік деңгейін төмендету шабуылдары (redirect attack) тексерілді [10-12].

Екі экспериментті де қайталап жасауға болады: жабдық пен бағдарламалық жасақтама жалпыға қол жетімді және қадамдар егжей-тегжейлі құжатталған, бұл ұқсас жағдайларда тестілеуді қайталауға мүмкіндік береді.

Кесте 3 – LTE тестілеуге арналған жабдық

№	Жабдық	Үлгі	Негізгі сипаттамалары
1	Дербес компьютер	Lenovo ThinkPad T-480s	Intel Core i7, 16 ГБ ОЗУ, Ubuntu
2	SDR құрылғысы	Nuand BladeRF 2.0	47 МГц–6 ГГц, 2×2 MIMO, 61,44 МГц дискретизациясы
3	№ 1 Ұялы телефон	Nokia TA-1034	GSM, MediaTek MT6261D, 4 МБ ОЗУ
4	№ 2 Ұялы телефон	Xiaomi POCO3	4G/5G, Snapdragon 870, 4520 мА·ч



Сурет 2 – LTE сымсыз желісінің осалдығын зерттеуге арналған стендтің құрылымдық схемасы

Нәтижелер

Сымсыз желі протоколдарының теориялық талдауы

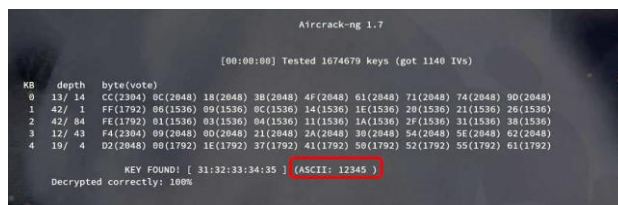
Бірінші кезеңде негізгі қауіптерді анықтау және енуді тестілеу эксперименттерін жоспарлау үшін зерттелетін сымсыз байланыс хаттамаларына теориялық талдау жүргізілді. 4-кесте теориялық талдау нәтижелерін қорытындылайды.

Кесте 4 – Хаттамаларға және олардың негізгі қауіптеріне шолу

Хаттама	Шифрлау әдісі (Encryption Method)	Негізгі қауіп (Key Threat)
WEP	RC4	Инициализация векторларын ұстап алу (IV interception)
WPA	TKIP (Temporal Key Integrity Protocol)	TKIP-тің шектеулі төзімділігі (Limited TKIP resilience)
WPA2	AES (Advanced Encryption Standard)	Аутентификация пакеттерін ұстап алу (Handshake capture)
WPA3	AES	Жанама арналар (Side-channel attacks)
LTE	AES, SNOW 3G	IMSI ұстау, қорғаныс деңгейін төмендету (IMSI interception, downgrade)

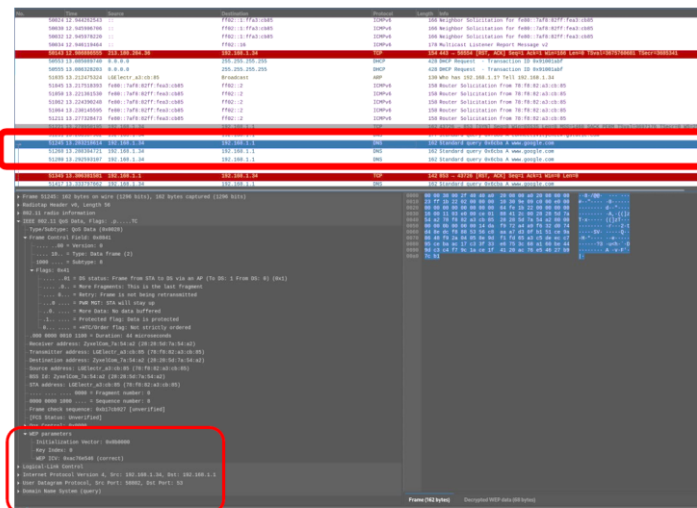
Wi-Fi желісінің протоколдарының қауіпсіздігін тексеру нәтижелері

Желінің Wi-Fi протоколдарын тестілеу деректерді ұрлау шабуылдарына (data interception) әр түрлі төзімділікті көрсетті. "12345" (64 бит) паролі бар WEP протоколы үшін Aircrack-ng көмегімен 500 мың инициализация векторы ұсталды, бұл шифрлау кілтін 4 секундта ашуға мүмкіндік берді (7-суретті қараңыз). Wireshark-тағы трафикті талдау интернет-ресурстарға қол жетімділікті анықтады (мысалы, www.google.com) транскрипциядан кейін (3-сурет).



Сурет 3 – WEP протоколының құпия сөзін шифрдан шығару

WPA2 үшін «17384957» паролімен аутентификация пакеттерін (handshake capture) ұстап алу бірнеше секундты алды, өйткені деаутентификация шабуылы (deauthentication attack) Airplay-ng көмегімен орындалды, басқару кадрларын қорғауға (Management Frame Protection, MFP) қарамастан. Кілт алдын ала жасалған сандық сөздік (dictionary) және құрылған скрипт көмегімен ашылды (4, 5-сурет). WPA және WPA3 үлкен тұрақтылық көрсетті, алайда WPA3 үшін аутентификация процесінде (Simultaneous Authentication of Equals, SAE) деректердің ағуына (data leaks) байланысты жанама арналар арқылы (side-channel attacks) шабуыл жасауға осалдық анықталды.



Сурет 4 – Ұстап алынған пакеттерден шифрланған деректерді талдау

```

1 with open("wordlist-num.txt", "w+") as f:
2     for i in range(100_000_000):
3         f.write("{}:08d\n".format(i))

```

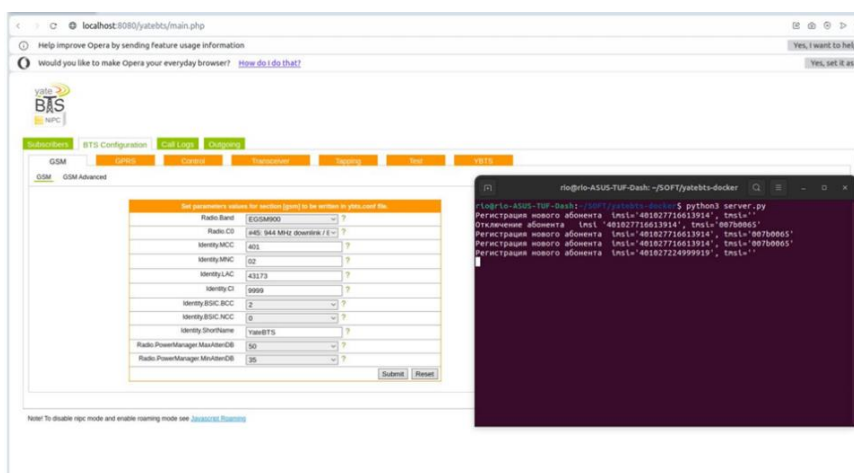
Сурет 5 – Python бағдарламалау тілінде сөздік құруды жүзеге асыру

LTE желісінің тестілеу нәтижелері

YateBTS (Yet Another Telephony Engine base Transceiver Station) бағдарламалық жасақтамасын және BladeRF 2.0 бағдарламалық жасақтамасымен анықталған радио құралын қолдана отырып, LTE желісінде виртуалды базалық станция сәтті орналастырылды. Nokia TA-1034 және Xiaomi POCO3 құрылғылары IMSI арқылы анықталған 6613914 және 4999919 нөмірлерімен қосылды (6-сурет). IMSI (IMSI interception) ұстап алу сигналдық трафикті талдау (signaling traffic) арқылы жүзеге асырылады және құрылғылар арасындағы қоңырау расталады. Тестілеу қауіпсіздігі төмен желілердегі ұялы байланыс пакеттерін қайта бағыттаумен байланыс деңгейінің төмендеуі (redirect attack) шабуылдарының осалдығын анықтады. LTE желісінің осалдығын талдау нәтижелерінің сандық параметрлері 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5 – LTE тестілеу нәтижелері

Құрылғы (Device)	IMSI ұстап алу (IMSI Interception)	Желідегі қоңырау (Call in Network)	Осалдық (Vulnerability)
Nokia TA-1034	Иә (Yes)	Иә (Yes)	3G дейін төмендету
Xiaomi POCO3	Иә (Yes)	Иә (Yes)	3G дейін төмендету



Сурет 6 – Ұялы телефондарды виртуалды базалық станцияға қосу

Нәтижелерді талқылау

Нәтижелер WEP протоколының инициализация векторларын (IV interception) ұстауға жоғары осалдығын растайды, бұл оны заманауи желілер үшін жарамсыз етеді. WPA2 екінші нұсқасының ХАТТАМАСЫ жетілдірілген AES шифрлау стандартын (Advanced Encryption Standard) пайдаланғанына қарамастан, үйлесімділік пен басқару кадрларын қорғауды (Management Frame Protection, MFP) жүзеге асырудағы кемшіліктерге байланысты аутентификация пакеттерін (handshake capture) ұстауға бейім болып қалады. Үшінші нұсқадағы Wi-Fi желісіне қорғалған қол жетімділік протоколы (WPA3) бір мезгілде тең аутентификация механизмінің (Simultaneous authentication of Equals, SAE) арқасында тұрақтылықтың жоғарылауын көрсетеді, бірақ жанама арналар арқылы шабуылдардан (side-channel attacks) қауіптер қосымша талдауды қажет етеді, бұл Halbouni және басқалардың тұжырымдарына сәйкес келеді. [4].

LTE (Long-Term Evolution, ұзақ мерзімді эволюция) желілерінде IMSI (IMSI interception) ұстап алу және GSM (Global System for Mobile Communications, global system for mobile communications) дейін төмендету мүмкіндігі сигналдық хаттамалардың (signaling protocols) әлсіздігін көрсетеді, бұл Shaik және т.б. нәтижелерін растайды. [5]. Бұл құпиялылыққа (privacy) және деректердің тұтастығына (data integrity) қауіп төндіреді, әсіресе аралас желілердегі смартфондар үшін.

Нәтижелер смартфондардың қауіпсіздігіне кешенді көзқарастың қажеттілігін көрсетеді, соның ішінде ескірген протоколдардан бас тарту, WPA3 жетілдіру және LTE-ді ұялы байланысты қорғауды төмендету деңгейлеріне қайта бағыттау шабуылдарынан қорғау.

6-кесте сымсыз байланыс желілерінің осалдықтарын талдау нәтижелерін жинақтайды.

Кесте 6 – Осалдықтарды салыстыру және ұсыныстар әзірлеу

Хатамма	Негізгі қауіптер	Шабуыл жылдамдығы	Ұсыныс
WEP	Инициализация векторларын ұстап алу (IV interception)	Өте жоғары (Very high)	Пайдаланудан бас тарту (Phase-out)
WPA2	Аутентификация пакеттерін ұстап алу (Handshake capture)	Жоғары (High)	WPA3-ке көшу (Transition to WPA3)
WPA3	Жанама арналар (Side-channel attacks)	Төмен (Low)	SAE жақсарту (Enhance SAE implementation)
LTE	IMSI ұстап а, қайта бағыттау (IMSI interception, redirect)	Орташа (Moderate)	Сигналдық хаттамаларды күшейту (Strengthen signaling protocols)

Қорытынды

Зерттеу заманауи мобильді құрылғыларда қолданылатын сымсыз байланыс хаттамаларында айтарлықтай осалдықтарды анықтады. Эксперименттік нәтижелер инициализация векторларының бұзылуының жоғары ықтималдығына байланысты WEP протоколының толық тиімсіздігін растады. Жетілдірілген AES шифрлау алгоритмін қолданғанына қарамастан, WPA2 протоколы аутентификация пакеттеріне (handshake packets) шабуылдарға осал болып қала береді. WPA 3 протоколы қауіпсіздікті жақсартудың айтарлықтай әлеуетіне ие, бірақ жанама арналарды талдауға негізделген шабуылдардан қорғау үшін аутентификация механизмдерін жетілдіруді қажет етеді.

LTE желілерінде пайдаланушылардың құпиялылығының бұзылу қаупі анықталды, бұл халықаралық мобильді абонент идентификаторын (IMSI) ұстап алу және құрылғыны ескірген, қауіпсіздігі төмен байланыс стандарттарына мәжбүрлі түрде ауыстыру мүмкіндігімен байланысты. Бұл осалдықтарды жою үшін сигналдық протоколдарды жетілдіру қажеттігін көрсетеді.

Енуді тексеруге арналған эксперименттік стендтер мен сценарийлер мобильді құрылғылардың қауіпсіздігіне нақты қауіп төндіретін нәтижелердің қайталануын қамтамасыз етті. Зерттеу неғұрлым қорғалған стандарттарға көшудің өзектілігін көрсетеді және практикалық шараларды ұсынады: ескірген хаттамаларды пайдаланудан шығару, WPA3 модернизациясы және LTE желілеріндегі қорғаныс механизмдерін күшейту. Осы ұсыныстарды іске асыру күрделі кибершабуылдар жағдайында мобильді құрылғылардың қауіпсіздік деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Check Point Software, Cyber Security Report 2023, Check Point Cyber Hub, 2023. [Online]. Доступно: <https://www.checkpoint.com/cyber-hub/cyber-security-report/>. [Қол жеткізілген күні: 2025 жылғы 24 қаңтар].
2. Nohl K. Attacking phone privacy in Black Hat USA / K. Nohl – 2010. – P. 1-6.
3. Lounis K. Cut it: Deauthentication attacks on protected management frames in WPA2 and WPA3, in Foundations and Practice of Security (FPS 2021) / K. Lounis, S.H.H. Ding, M. Zulkernine // Cham: Springer. – 2022. – P. 241-256.
4. Halbouni A. Wireless security protocols WPA3: A systematic literature review / A. Halbouni, L.-Y. Ong, M.-C. Leow // IEEE Access. – 2023. – vol. 11. – P. 112438-112450.
5. Practical attacks against privacy and availability in 4G/LTE mobile communication systems / A. Shaik et al // in Proc. 23rd Annu. Netw. Distrib. Syst. Security Symp. (NDSS). – 2016. – P. 1-16.
6. On key reinstallation attacks over 4G LTE control-plane: Feasibility and negative impact / M.T. Raza et al // Anwar in Proc. 37th Annu. Comput. Security Appl. Conf. – 2021. – P. 877-886.
7. Schmitt P. Pretty good phone privacy / P. Schmitt, B. Raghavan // in Proc. 30th USENIX Security Symp. – 2021. – P. 1737-1754.
8. Privacy attacks to the 4G and 5G cellular paging protocols using side channel information / S.R. Hussain et al // in Proc. Netw. Distrib. Syst. Security Symp. (NDSS). – 2019. – P. 1-15.
9. Baray E. WLAN security protocols and WPA3 security approach measurement through aircracking technique / E. Baray, N.K. Ojha // in Proc. 5th Int. Conf. Comput. Methodologies Commun. (ICCMC). – 2021. – P. 23-30.
10. Vanhoef M. Dragonblood: Analyzing the Dragonfly Handshake of WPA3 and EAP-pwd / M. Vanhoef, E. Ronen // 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). – IEEE, 2020. – P. 517-533.
11. Vanhoef M. Key reinstallation attacks: Forcing nonce reuse in WPA2 / M. Vanhoef, F. Piessens // Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC conference on computer and communications security. – 2017. – P. 1313-1328.
12. Lin H. LTE Redirection Attack-Forcing Targeted LTE Cellphone into Unsafe Network / H. Lin // Unicorn Team-Radio and Hardware Security Research. – 2016.

Алғыс

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылды (№ BR249014/02240 гранты).

А.К. Шайханова^{1,2*}, Р.А. Буденов², О.Ш. Сатиев², Д.А. Тлепов², А.К. Тоққулиева¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан, Астана, ул. К.Сатпаева, 2

²ТОО «WebTotem»,

Республика Казахстан, Астана, проспект Кабанбай Батыра 51/1

*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ WI-FI И LTE ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИЩЁННОГО СМАРТФОНА

В данной работе представлены результаты практического анализа уязвимостей беспроводных сетей Wi-Fi (WEP, WPA, WPA2, WPA3) и LTE в контексте проектирования защищённого смартфона. Исследование проведено с использованием комплекса инструментов, включая Aircrack-ng, Wifeshark, YateBTS и программно-определяемого радио BladeRF 2.0, что позволило детально изучить механизмы атак и устойчивость современных протоколов к различным типам угроз.

Экспериментальная часть включала разработку стендов и автоматизированных скриптов для тестирования на проникновение. Анализ показал, что протокол WEP обладает критическими уязвимостями и может быть взломан всего за 4 секунды. WPA2 оказался подвержен атакам, связанным с перехватом пакетов аутентификации, что делает возможным реализацию атак типа «человек посередине» (MITM). Несмотря на усовершенствования, WPA3 также демонстрирует уязвимость к атакам через побочные каналы, например, атакам Dragonblood. В свою очередь, LTE подвергается рискам перехвата международного идентификатора мобильного абонента (IMSI Catching) и атакам понижения ранга сети до 3G/2G, что позволяет злоумышленникам проводить атаки на отказ в обслуживании и перехватывать трафик.

Полученные результаты подчёркивают необходимость отказа от устаревших стандартов, улучшения механизмов аутентификации WPA3 и усовершенствования сигнальных протоколов LTE. Настоящая работа вносит вклад в повышение безопасности беспроводных коммуникаций и проектирование защищённых мобильных устройств.

Ключевые слова: Wi-Fi, LTE, сетевая безопасность, анализ безопасности, WEP, WPA, WPA2, WPA3, тестирование на проникновение, программно-определяемое радио.

A.K. Shaikhanova^{1,2*}, R.A. Budenov², O.Sh. Satiev², D.A. Tlepov², A.K. Tokkuliyeva¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Republic of Kazakhstan, Astana, K.Satpayev str., 2

²WebTotem LLP,
Republic of Kazakhstan, Astana, 51/1 Kabanbai Batyr Avenue

*e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com

VULNERABILITY ANALYSIS OF WI-FI AND LTE NETWORKS FOR SECURE SMARTPHONE DESIGN

This paper presents the results of practical vulnerability analysis of Wi-Fi (WEP, WPA, WPA2, WPA3) and LTE wireless networks in the context of designing a secure smartphone. The study was conducted using a set of tools, including Aircrack-ng, Wireshark, YateBTS and software-defined radio BladeRF 2.0, which allowed to study in detail the attack mechanisms and resistance of modern protocols to various types of threats.

The experimental part included the development of stands and automated scripts for penetration testing. The analysis showed that the WEP protocol has critical vulnerabilities and can be compromised in just 4 seconds. WPA2 was susceptible to attacks related to authentication packet interception, making man-in-the-middle (MITM) attacks possible. Despite the improvements, WPA3 also shows vulnerability to side-channel attacks such as Dragonblood attacks. LTE, on the other hand, is vulnerable to International Mobile Subscriber Identity (IMSI Catching) and 3G/2G downgrade attacks, allowing attackers to conduct denial of service attacks and intercept traffic.

The results underscore the need to abandon outdated standards, improve WPA3 authentication mechanisms and enhance LTE signalling protocols. This paper contributes to improving the security of wireless communications and the design of secure mobile devices.

Key words: Wi-Fi, LTE, Network Security, security analysis, WEP, WPA, WPA2, WPA3, Penetration Testing, software defined radio (SDR).

Сведения об авторах

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – PhD, профессор кафедры информационной безопасности; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; координатор научных проектов ТОО «WebTotem», г. Астана, Казахстан; e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Руслан Аримбаевич Буденов – магистр технических наук, Инженер-электронщик ТОО «WebTotem», г. Астана, Казахстан; e-mail: akarkin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9088-3221>.

Олжас Шагзадович Сатиев – старший эксперт по информационной безопасности ТОО «WebTotem», г. Астана, Казахстан; e-mail: os@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2684-1718>.

Данир Амангельдинович Тлепов – магистр технических наук, Научный сотрудник ТОО «WebTotem», г. Астана, Казахстан; e-mail: tdanir@cert.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3774-8389>.

Айжан Конурбаевна Тоққулиева – магистр технических наук, докторант 1 курса специальности «Системы информационной безопасности», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева; младший научный сотрудник ТОО «WebTotem», г. Астана, Казахстан; e-mail: aizhantokkuliyeva1983@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5019-2413>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айгуль Кайрулаевна Шайханова – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; «WebTotem» ЖШС ғылыми жобалардың үйлестірушісі, Астана қ., Қазақстан; e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Руслан Аримбаевич Буденов – техника ғылымдарының магистрі, «WebTotem» ЖШС Инженер-электроник, Астана қ., Қазақстан; e-mail: akarkin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9088-3221>.

Олжас Шагзадович Сатиев – «WebTotem» ЖШС Ақпараттық қауіпсіздік жөніндегі аға сарапшысы, Астана қ., Қазақстан; e-mail: os@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2684-1718>.

Данир Амангельдинович Тлепов – техника ғылымдарының магистрі, «WebTotem» ЖШС ғылыми қызметкері, Астана қ., Қазақстан; e-mail: tdanir@cert.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3774-8389>.

Айжан Конурбаевна Тоққулиева – техника ғылымдарының магистрі, «Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері» мамандығының 1 курс докторанты, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті; «WebTotem» ЖШС кіші ғылыми қызметкері, Астана қ., Қазақстан; e-mail: aizhantokkuliyeva1983@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5019-2413>.

Information about the authors

Aigul Kairulaevna Shaikhanova* – PhD, Professor of the Department of Information Security; L.N. Gumilyov Eurasian National University; Coordinator of scientific projects of WebTotem LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: aigul.shaikhanova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>.

Ruslan Arimbaevich Budenov – Master of Technical Sciences, Electronics Engineer, WebTotem LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: akarkin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9088-3221>.

Olzhas Shagzadovich Satiev – Senior Information security Expert at WebTotem LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: os@wtotem.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2684-1718>.

Danir Amangeldinovich Tlepov – Master of Technical Sciences, Researcher at WebTotem LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: tdanir@cert.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3774-8389>.

Aizhan Konurbaevna Tokkuliyeva – Master of Technical Sciences, 1st year doctoral student, specialty «Information Security Systems», L.N. Gumilyov Eurasian National University; Junior Researcher at WebTotem LLP, Astana, Kazakhstan; e-mail: aizhantokkuliyeva1983@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5019-2413>.

Редакцияға енуі 03.03.2025

Өңдеуден кейін түсуі 05.03.2025

Жариялауға қабылданды 12.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-5](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-5)



IRTSTI: 28.23.15

A.K. Kalpen¹, E.T. Matson², A.K. Zhumadillayeva^{1,3*}, K.A. Dyussekeyev³

¹Astana IT University,

Kazakhstan, Astana, Mangilik EI 55/11, Block C1 QazExpo

²Purdue University,

West Lafayette, Indiana, USA

³L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz

SEQUENCE RECOGNITION USING FINITE AUTOMATA WITH MACHINE LEARNING

Annotation: Sequence recognition is a critical task across numerous disciplines. While traditional methods utilizing Finite State Machines (FSMs) offer a structured data representation and high interpretability, their flexibility is limited. Contemporary Machine Learning (ML) algorithms exhibit high accuracy but demand substantial computational resources. Combining these paradigms can enhance the effectiveness of complex sequence recognition. This study explores the integration of FSMs with ML techniques to address sequence analysis problems. Three distinct applications are examined: text classification (spam detection), recognition of genetic sequences related to Alzheimer's disease, and image-based gesture identification.

For each, hybrid models were developed and tested, combining Deterministic Finite Automata (DFA), Non-deterministic Finite Automata (NFA), and ML algorithms such as Random Forest, Gradient Boosting, and Multilayer Perceptrons (MLP). Experimental results indicate that these hybrid models achieve performance comparable to traditional ML methods, and in some instances, yield more accurate predictions.

In spam classification, neural network models demonstrated the best results, with FSM-neural network combinations providing similar effectiveness.

For genetic sequence analysis, gradient boosting-based models exhibited the highest accuracy, with the inclusion of FSMs maintaining performance while enhancing interpretability.

In gesture recognition, neural network approaches proved most effective, but integrating FSMs with ensemble methods achieved a high level of predictive capability, surpassing conventional ML models.

In conclusion, the integration of FSMs and ML presents a promising avenue in sequence analysis. Future research could focus on optimizing model architectures and applying them to other domains requiring high-precision recognition of intricate structures.

Key words: Finite State Machine, Machine Learning, Sequence Recognition, Hybrid Models, Genetic Sequence Analysis, Gesture Recognition, Text Classification.

Introduction

In the modern era of digital transformation and rapid data growth, sequence recognition tasks are becoming increasingly significant. The processing of text, genetic, and visual data necessitates the development of reliable and precise methods capable of uncovering hidden patterns within complex structures. Traditional approaches based on finite automata (FA) possess formal rigor and high interpretability; however, their application is limited by fixed structures and insufficient flexibility [1]. Specifically, deterministic finite automata (DFA) ensure predictability, while nondeterministic finite automata (NFA) offer enhanced flexibility, though both models encounter scalability issues when handling large datasets [1].

On the other hand, machine learning (ML) methods demonstrate remarkable adaptability and the ability to learn from vast amounts of data, which enables them to achieve high accuracy in recognizing intricate patterns [2]. However, ML models are often regarded as "black boxes", making their inner workings difficult to interpret, and they require considerable computational resources. In light of these characteristics, there is a pressing need to integrate FA and ML, combining the structured representation and formal precision of automata with the adaptability and high accuracy of modern machine learning algorithms [3].

The relevance of this research is driven by the growing demand for universal hybrid models for sequence recognition that can operate effectively under conditions of data variability and noise. Existing studies on the application of finite automata to tasks such as syntactic analysis, bioinformatics, and gesture recognition [4, 5] underscore the potential of a combined approach. At the same time, research focusing on the integration of ML methods with FA [6, 7] highlights the necessity for developing new algorithms capable of overcoming the limitations inherent in both traditional methods and current machine learning models.

The aim of the present study is to develop and experimentally evaluate hybrid models that integrate finite automata and machine learning methods to enhance the accuracy and interpretability of sequence recognition. In pursuit of this aim, the following tasks are addressed:

- Develop algorithmic approaches for integrating FA and ML that consider the characteristics of various data types.
- Conduct an experimental evaluation of the proposed hybrid models in tasks such as text classification, genetic sequence analysis, and gesture recognition.
- Identify the advantages and limitations of the integrated approach.

Methods

In this study, a hybrid approach is implemented that combines formal models of Finite State Machines (FSMs) with modern Machine Learning (ML) algorithms for sequence recognition. This approach enables the integration of the structured data representation provided by FSMs with the adaptability and high accuracy of ML models. The methodology is demonstrated using text data as an example.

1. Data Preprocessing

At the initial stage, comprehensive preprocessing of the raw data is performed:

Text Data. Text normalization, conversion to lowercase, removal of extraneous characters, lemmatization, and stop-word filtering (while preserving key terms) are applied. For these purposes, the NLTK library and a custom class, *EnhancedTextPreprocessor*, are used.

```
class EnhancedTextPreprocessor:
    def __init__(self):
        self.lemmatizer = WordNetLemmatizer()
        self.stop_words = set(stopwords.words('english'))
        self.spam_keywords = {'free', 'win', 'prize', 'claim', 'urgent', 'offer', 'cash', 'limited'}

    def preprocess(self, text):
        text = str(text).lower()
        text = re.sub(r'^\w\s\S!\|@#', '', text) # Сохраняем спецсимволы (Save the wildcards)
        words = text.split()
        # Удаляем стоп-слова, кроме ключевых спам-слов (Remove stop words except for key spam words)
        words = [self.lemmatizer.lemmatize(word) for word in words
                 if word not in self.stop_words or word in self.spam_keywords]
        return ' '.join(words)
```

Figure 1 – EnhancedTextPreprocessor

Image and Numerical Data. Scaling (using StandardScaler) and normalization methods are applied to ensure that the features are correctly represented for further analysis.

2. Implementation of Finite State Machines

Two main models of FSMs are employed for modeling sequences: *Deterministic Finite Automata (DFA)*. These provide predictability through fixed transitions between

states. The class *EnhancedDFA* implements this concept, enabling the processing of input sequences.

```
class EnhancedDFA:
    def __init__(self):
        self.states = {'q0', 'q1', 'q2', 'q3', 'q4', 'q5', 'q6'}
        self.alphabet = set('abcdefghijklmnopqrstuvwxyz$1234567890')
        self.transitions = {
            'q0': {'s': 'q1', 'f': 'q3', 'w': 'q4', '$': 'q5', '!': 'q6', 'default': 'q0'},
            'q1': {'p': 'q2', 'default': 'q0'},
            'q2': {'a': 'q_accept', 'default': 'q0'},
            'q3': {'r': 'q_accept', 'default': 'q0'},
            'q4': {'i': 'q_accept', 'default': 'q0'},
            'q5': {'$': 'q_accept', 'default': 'q0'},
            'q6': {'!': 'q_accept', 'default': 'q0'},
            'q_accept': {'default': 'q_accept'}
        }
        self.start_state = 'q0'
        self.accept_states = {'q_accept'}

    def process_input(self, text):
        current_state = self.start_state
        for char in text:
            current_state = self.transitions[current_state].get(char,
                self.transitions[current_state].get('default', 'q0'))
        if current_state in self.accept_states:
            return 1
        return 0
```

Figure 2 – EnhancedDFA

Nondeterministic Finite Automata (NFA). These offer greater flexibility by allowing transitions to multiple states for a single input symbol. The class *EnhancedNFA* facilitates modeling of complex sequences, which is especially important when dealing with noisy data.

```
class EnhancedNFA:
    def __init__(self):
        self.states = {'q0', 'q1', 'q2', 'q3', 'q4', 'q5'}
        self.alphabet = set('abcdefghijklmnopqrstuvwxyz$1234567890')
        self.transitions = {
            'q0': {
                'f': {'q1', 'w': {'q2'}},
                '$': {'q3', '!': {'q4'}},
                'default': {'q0'}
            },
            'q1': {'r': {'q_accept', 'default': {'q0'}},
            'q2': {'i': {'q_accept', 'default': {'q0'}},
            'q3': {'$': {'q_accept', 'default': {'q0'}},
            'q4': {'!': {'q_accept', 'default': {'q0'}},
            'q_accept': {'default': {'q_accept'}}
        }
        self.start_states = {'q0'}
        self.accept_states = {'q_accept'}

    def process_input(self, text):
        current_states = self.start_states
        for char in text:
            next_states = set()
            for state in current_states:
                transitions = self.transitions[state].get(char,
                    self.transitions[state].get('default', set()))
                next_states.update(transitions)
            current_states = next_states
            if not current_states:
                break
            if 'q_accept' in current_states:
                return 1
        return 0
```

Figure 3 – EnhancedNFA

3. Integration with Machine Learning Methods

To improve the accuracy of sequence recognition, FSMs are integrated with ML algorithms: *Hybrid Models*. Classes such as *HybridDFAMLProcessor* and *HybridNFAMLProcessor* are used to form combined features. Initially, the raw data is processed by the FSMs (calculating binary features that reflect the passage of the sequence through the automaton) and then combined with features obtained via TF-IDF (for texts) or standard methods for processing numerical data.

```
class HybridDFAMLProcessor:
    def __init__(self):
        self.preprocessor = EnhancedTextPreprocessor()
        self.dfa = EnhancedDFA()
        self.vectorizer = TfidfVectorizer(max_features=1500, ngram_range=(1, 3))
        self.scaler = StandardScaler()

    def extract_features(self, texts):
        cleaned_texts = [self.preprocessor.preprocess(text) for text in texts]
        dfa_features = np.array([[self.dfa.process_input(text)] for text in cleaned_texts])
        tfidf_features = self.vectorizer.fit_transform(cleaned_texts)
        combined_features = np.hstack([dfa_features, tfidf_features.toarray()])
        return self.scaler.fit_transform(combined_features)
```

Figure 4 – HybridDFAMLProcessor

```
class HybridNFAMLProcessor:
    def __init__(self):
        self.preprocessor = EnhancedTextPreprocessor()
        self.nfa = EnhancedNFA()
        self.vectorizer = TfidfVectorizer(max_features=1500, ngram_range=(1, 3))
        self.scaler = StandardScaler()

    def extract_features(self, texts):
        cleaned_texts = [self.preprocessor.preprocess(text) for text in texts]
        nfa_features = np.array([[self.nfa.process_input(text)] for text in cleaned_texts])
        tfidf_features = self.vectorizer.fit_transform(cleaned_texts)
        combined_features = np.hstack([nfa_features, tfidf_features.toarray()])
        return self.scaler.fit_transform(combined_features)
```

Figure 5 – HybridNFAMLProcessor

ML Algorithms Employed. In the experimental part, ensemble methods (Random Forest, Gradient Boosting) and neural networks (MLP) are applied. The TensorFlow/Keras framework is used for implementing neural networks, while the scikit-learn library is used for ensemble methods.

4. Experimental Setup

The study includes experiments in three domains: *Text Classification (Spam Detection)*. The SMS Spam Collection dataset is preprocessed, and hybrid features are generated using FSMs. Models are trained and evaluated using metrics such as accuracy and F1-score.

Genetic Sequence Analysis (Alzheimer's Disease). Additional features, generated based on simple rules implemented by FSMs, are combined with the original features. The same metrics are used for evaluation, allowing for comparison between hybrid and pure ML models.

Gesture Recognition. Data in the form of images are scaled and normalized. Hybrid models that combine FSMs with ensemble algorithms are applied for image classification, demonstrating high predictive capability.

5. Tools and Technologies

Programming Language: Python – for data processing and algorithm implementation.

Libraries:

Pandas, NumPy – for data manipulation;

NLTK, TfidfVectorizer – for text processing;

scikit-learn – for implementing and evaluating ML algorithms;

TensorFlow/Keras – for building neural networks;

Seaborn, Matplotlib – for result visualization.

Custom Classes: *EnhancedTextPreprocessor, EnhancedDFA, EnhancedNFA,*

HybridDFAMLProcessor, HybridNFAMLProcessor – for integrating FSMs with ML methods.

Thus, the proposed methodology combines sequence analysis with adaptive machine learning algorithms, significantly enhancing the accuracy and interpretability of recognition systems.

Code

link:

[https://colab.research.google.com/drive/1g5F16v7FtNLnyPxf7CgTxNB82ucwXHyA?usp=sh](https://colab.research.google.com/drive/1g5F16v7FtNLnyPxf7CgTxNB82ucwXHyA?usp=sharing)

aring

Results

Spam.

In this research, the SMS Spam Collection dataset was used for the task of text classification for spam detection.

Table 1 – Spam results

Model	Accuracy	F1-score
DFA+NN	0,982	0,930
NFA+NN	0,982	0,930
Neural Network	0,982	0,931
DFA+RF	0,979	0,917
NFA+RF	0,979	0,918
Random Forest	0,981	0,925
DFA+GB	0,970	0,877
NFA+GB	0,971	0,881
Gradient Boosting	0,971	0,882
Pure DFA	0,809	0,360
Pure NFA	0,809	0,360

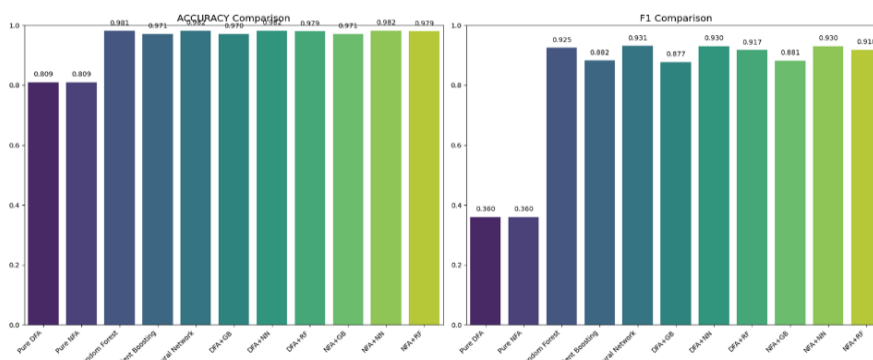


Figure 6 – Spam results

As can be seen from the table, pure finite automata are significantly inferior in terms of results, which emphasizes the need for their integration with adaptive machine learning algorithms, while hybrid models (e.g., DFA+NN and NFA+NN) in turn show the highest performance comparable to pure neural networks. This indicates that integrating finite automata with ML helps to improve recognition performance by generating additional binary features that reflect specific patterns in texts. However, despite the positive impact of such integration, the tuning of finite automata is critical and requires significant time and financial resources, which may make their use less feasible if more computing power is available.

DNA sequence.

In this experiment, the aim was to investigate the potential of hybrid models to analyze genetic sequences associated with Alzheimer's disease.

The study was conducted considering the characteristics of genetic data, where not only high recognition accuracy but also interpretability of the results obtained is important.

Table 2 – DNA results

Model	Accuracy	F1-score
DFA+NN	0,713132	0,659258
NFA+NN	0,715353	0,645664
Neural Network	0,716565	0,645031
DFA+RF	0,714815	0,640170
NFA+RF	0,717103	0,652616
Random Forest	0,715690	0,640572
DFA+GB	0,726392	0,675553
NFA+GB	0,726122	0,674662
Gradient Boosting	0,726392	0,675553
Pure DFA	0,606314	0,349605
Pure NFA	0,674766	0,685376

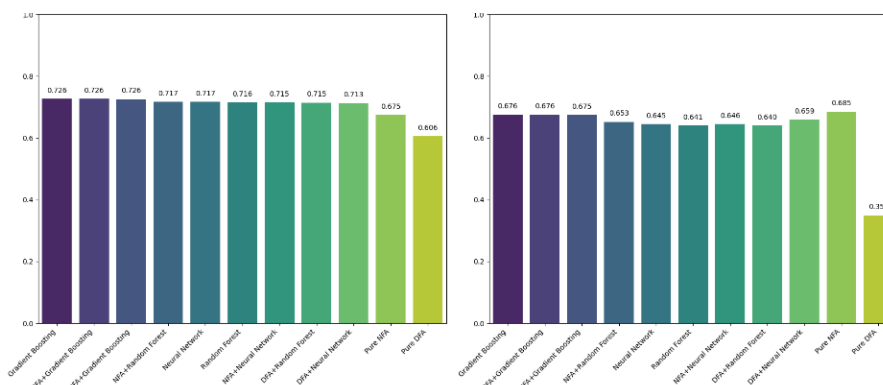


Figure 7 – DNA results

The table shows that hybrid models, in particular those using gradient boosting (DFA+GB, NFA+GB, and Pure Gradient Boosting), achieve the highest accuracy and F1-score. Meanwhile, models using only finite automata (Pure DFA) show significantly lower results, which confirms the insufficiency of their independent application in this task. The overall interpretability of the hybrid models is improved by explicitly highlighting significant patterns, which is important for bioinformatics and may contribute to a better understanding of the mechanisms underlying diseases. It is interesting to note that integration of finite automata not only improves the accuracy but also improves the interpretability of the model by explicitly highlighting important patterns in genetic sequences, but despite the positive effect of integration, tuning the finite automata requires additional time and resources. This can be a critical factor when scaling the system, as code development and optimization for hybrid models can be more costly compared to the increased computational power for pure ML models.

Sign Recognition.

The sign recognition task used images that were divided into pixels.

Table 3 – Sign Recognition results

Model	Accuracy	F1-score
DFA+NN	0,783324	0,782979
NFA+NN	0,780257	0,781183
Neural Network	0,799219	0,799182
DFA+RF	0,808979	0,810567
NFA+RF	0,665365	0,659743
Random Forest	0,667736	0,660938
DFA+GB	0,720998	0,726267
NFA+GB	0,486057	0,493412
Gradient Boosting	0,483547	0,491259
Pure DFA	0,041132	0,041901
Pure NFA	0,042387	0,043839

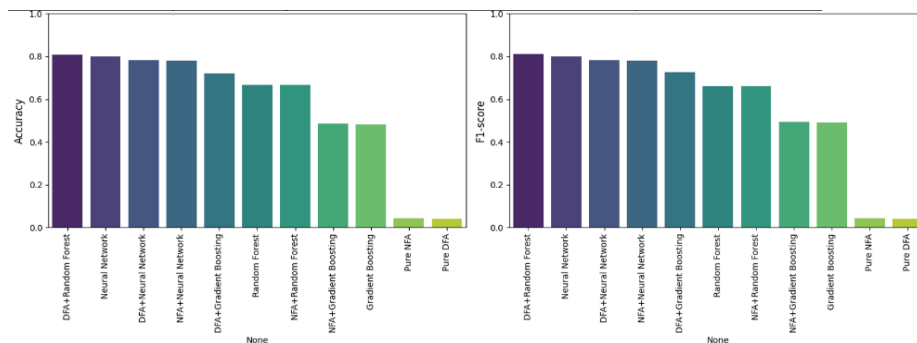


Figure 8 – Sign Recognition results

The table shows that pure finite automata models (Pure DFA and Pure NFA) demonstrate extremely low accuracy (about 4%), which indicates that they cannot be used independently for gesture recognition. Neural network models (DFA+NNN and NFA+NNN) showed slightly lower performance compared to pure neural networks. At the same time, models using purely neural networks show good performance with accuracy around 80% and F1-score around 80%. But the main success is shown by the DFA+RF model achieving the highest performance with an accuracy of about 80.9% and F1-score exceeding 81%. This indicates that the integration of structured features extracted using DFA with the power of ensemble methods can achieve significant improvement in the results.

Conclusion

The experimental results obtained confirm that integrating finite automata (FA) with machine learning (ML) methods improves the quality of sequence recognition compared to using pure methods. In the spam classification task, hybrid models such as DFA+NNN and NFA+NNN showed performance comparable to the best pure ML models, demonstrating that augmenting standard methods with binary features derived from finite automata allows for efficient extraction of specific patterns in text data. Similar findings were obtained in genetic sequence analysis experiments, where models using gradient boosting combined with KA showed the highest accuracy, and in a gesture recognition task, where hybrid models, especially those based on ensemble methods, outperformed the results of pure ML algorithms.

Comparing our results with data presented in a number of studies, the following can be noted. Early work in the application of finite automata to sequence recognition [4] showed high interpretability, but their accuracy was limited by the fixed structure of the models. Subsequently, studies such as Thomas et al. (2013) [5] and Wang et al. (2015) [6] have demonstrated that integrating ML methods with formal models can significantly improve recognition accuracy, compensating for the shortcomings of traditional finite automata. Our approach, which combines the capabilities of both deterministic and nondeterministic automata with state-of-the-art ML algorithms, demonstrates results comparable to or superior to those described in previous studies. Furthermore, studies by Aichernig et al. (2022) [7] and Kordestani et al. (2021) [3] emphasize the importance of adaptability and flexibility of models, which is supported by our experimental data, where hybrid models show stable improvements in accuracy and F1-score metrics. Meanwhile, the work of Đuriš

et al. (2018) [1] notes scalability issues and complexity of finite automata configuration, which is also found in our studies, where the configuration of KA requires significant effort.

Finally, the study demonstrates that model transparency and interpretability remain important factors, and our approach integrating KA contributes to improved interpretability compared to pure ML models.

Based on this study, we can conclude that the integration of finite automata with machine learning algorithms can significantly improve the accuracy of sequence recognition, both in text classification tasks and in genetic data analysis and gesture recognition.

Despite the positive effects of integration, tuning finite automata requires additional effort and time, which can make the development of hybrid models more costly than pure ML methods, provided sufficient computational resources are available.

When choosing the optimal approach, the balance between accuracy improvement and the cost of developing and tuning hybrid models must be considered. In some cases, increasing the computational power for pure ML models may be more economically feasible.

For further research, we propose to develop methods for automated calibration of finite automata parameters, which will reduce time and cost when integrated with ML.

Exploring the application of the hybrid approach in other tasks, such as speech recognition, time series analysis, medical diagnostics, etc., where high quality of sequence recognition is critical.

Investigation of new methods for combining FA and ML to reduce complexity and increase scalability of the models, which will allow their application in big data environments.

Conducting additional comparative studies to evaluate the effectiveness of the hybrid approach in real industrial conditions, as well as analyzing the economic feasibility of implementing such systems.

References

1. Determinism and Nondeterminism in Finite Automata with Advice / P. Āuriš et al // In Lecture notes in computer science. – 2018. – P. 3-16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_1.
2. Veanes M. Applications of symbolic finite automata / M. Veanes // In Lecture notes in computer science. – 2013. – P. 16-23. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39274-0_3.
3. An introduction to learning automata and Optimization / J.K. Kordestani et al // In Intelligent systems reference library. – 2021. P. 1-50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76291-9_1.
4. Hong P. Gesture modeling and recognition using finite state machines / P. Hong, M. Turk, T.S. Huang // IEEE. – 2002. <https://doi.org/10.1109/afgr.2000.840667>.
5. Decombinator: a tool for fast, efficient gene assignment in T-cell receptor sequences using a finite state machine / N. Thomas et al // Bioinformatics. – 2013. – № 29(5). – P. 542-550. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt004>.
6. Road network extraction: a neural-dynamic framework based on deep learning and a finite state machine / J. Wang et al // International Journal of Remote Sensing. – 2015. – № 36(12). – P. 3144-3169. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1054049>.
7. Constrained training of recurrent neural networks for automata learning / B.K. Aichernig et al // In Lecture notes in computer science. – 2022. – P. 155-172. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17108-6_10.
8. Privacy attacks to the 4G and 5G cellular paging protocols using side channel information / S.R. Hussain et al // in Proc. Netw. Distrib. Syst. Security Symp. (NDSS). – 2019. – P. 1-15.
9. Baray E. WLAN security protocols and WPA3 security approach measurement through aircrack-ng technique / E. Baray, N.K. Ojha // in Proc. 5th Int. Conf. Comput. Methodologies Commun. (ICCMC). – 2021. – P. 23-30.
10. Vanhoef M. Dragonblood: Analyzing the Dragonfly Handshake of WPA3 and EAP-pwd / M. Vanhoef, E. Ronen // 2020 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). – IEEE, 2020. – P. 517-533.

Acknowledgements. *The research data was sponsored by the Science Committee of the Minister of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. of the research fund AP19678989 Intelligent video analytics and reporting on city streets surface and lighting).*

Ә.Қ. Қалпен¹, Э.Т. Матсон², А.К. Жумадиллаева^{1,3*}, К.А. Дюсекеев³

¹Astana IT University,

Қазақстан Республикасы, Астана қ., Маңғышлақ даң., 55/11 жыл, QazExpo C1 блогы

²Пердью Университеті,

Уэст Лафайетте, Индиана, АҚШ

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана, Қ. Сәтпаев көшесі, 2

e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz

АҚЫРЛЫ АВТОМАТТАР МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ТІЗБЕКТЕРДІ ТАЛУ

Тізбектерді тану көптеген пәндер бойынша маңызды міндет болып табылады. Ақырлы автоматтарға (КА) негізделген дәстүрлі әдістер деректерді құрылымдалған түрде ұсынуға және жоғары түсініктілікке қол жеткізуге мүмкіндік береді, алайда олардың икемділігі шектеулі. Қазіргі заманғы машиналық оқыту (ML) алгоритмдері жоғары дәлдікке қол жеткізеді, бірақ айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді. Осы парадигмаларды біріктіру күрделі тізбектерді тану тиімділігін арттыра алады. Бұл зерттеу тізбектерді талдау мәселелерін шешу үшін ақырлы автоматтар мен машиналық оқыту әдістерін біріктіруге арналған. Үш түрлі қолдану саласы қарастырылады: мәтіндерді жіктеу (спамды анықтау), Альцгеймер ауруымен байланысты генетикалық тізбектерді тану және сурет негізінде қимылдарды анықтау.

Әрбір сала үшін детерминирленген ақырлы автоматтар (DFA), недетерминирленген ақырлы автоматтар (NFA) және Random Forest, Gradient Boosting және көп қабатты перцептрондар (MLP) сияқты машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіретін гибридті модельдер әзірленіп, тексерілді. Эксперименттік нәтижелер осы гибридті модельдердің дәстүрлі ML әдістерімен салыстырмалы өнімділікке қол жеткізетінін және кейбір жағдайларда дәлдіктің одан да жоғары болатынын көрсетті.

Спамды жіктеу міндетінде нейрондық желі модельдері ең үздік нәтижелер көрсетті, ал КА мен нейрондық желілердің комбинациясы ұқсас тиімділікті қамтамасыз етті.

Генетикалық тізбектерді талдау кезінде градиенттік бустингке негізделген модельдер ең жоғары дәлдікке жетті, ал ақырлы автоматтарды енгізу өнімділікті сақтап, түсіндіру қабілетін арттырды.

Қимылдарды тану міндетінде нейрондық желіге негізделген тәсілдер ең тиімді болып шықты, алайда ансамбльдік әдістермен ақырлы автоматтарды біріктіру дәстүрлі ML модельдерінен асып түсетін жоғары деңгейдегі болжамдық қабілеттілікке қол жеткізді.

Қорытындылай келе, ақырлы автоматтар мен машиналық оқытуды біріктіру тізбектерді талдау саласындағы перспективалы бағыт болып табылады. Болашақ зерттеулер модельдердің архитектурасын оңтайландыруға және күрделі құрылымдарды жоғары дәлдікпен тануды талап ететін басқа да салаларда қолдануға бағытталуы мүмкін.

Түйін сөздер: ақырлы автомат, машиналық оқыту, тізбектерді тану, гибридті модельдер, генетикалық тізбектерді талдау, қимылдарды тану, мәтіндерді жіктеу.

А.К. Калпен¹, Э.Т. Матсон², А.К. Жумадиллаева^{1,3*}, К.А. Дюсекеев³

¹Astana IT University,

Республика Казахстан, г. Астана, пр-т. Мангилик Ел 55/11, Блок С1 QazExpo

²Пердью Университет,

Уэст Лафайетте, Индиана, США

³Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Республика Казахстан, Астана, ул. К. Сатпаева, 2

*e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz

РАСПОЗНАВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Распознавание последовательностей является критически важной задачей во многих дисциплинах. Традиционные методы, основанные на конечных автоматах (КА), обеспечивают структурированное представление данных и высокую интерпретируемость, однако их гибкость ограничена. Современные алгоритмы машинного обучения (ML) демонстрируют высокую точность, но требуют значительных вычислительных ресурсов. Объединение этих парадигм может повысить эффективность распознавания сложных последовательностей. Данное исследование посвящено интеграции КА с методами ML для решения задач анализа последовательностей. Рассматриваются три различные области применения: классификация

текстов (определение спама), распознавание генетических последовательностей, связанных с болезнью Альцгеймера, и идентификация жестов на основе изображений.

Для каждой области были разработаны и протестированы гибридные модели, объединяющие детерминированные конечные автоматы (DFA), недетерминированные конечные автоматы (NFA) и алгоритмы машинного обучения, такие как Random Forest, Gradient Boosting и многослойные перцептроны (MLP). Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что данные гибридные модели достигают производительности, сопоставимой с традиционными методами ML, а в некоторых случаях обеспечивают более точные прогнозы.

При классификации спама нейронные сети показали наилучшие результаты, при этом комбинация КА с нейронными сетями продемонстрировали схожую эффективность.

В анализе генетических последовательностей модели на основе градиентного бустинга показали наивысшую точность, а интеграция КА позволила сохранить высокий уровень производительности при повышении интерпретируемости.

В задаче распознавания жестов наиболее эффективными оказались подходы, основанные на нейронных сетях, однако интеграция КА с ансамблевыми методами позволила добиться высоких прогностических показателей, превосходящих традиционные ML-модели.

В заключение, интеграция конечных автоматов и машинного обучения представляет собой перспективное направление в анализе последовательностей. Будущие исследования могут быть направлены на оптимизацию архитектур моделей и их применение в других областях, требующих высокой точности распознавания сложных структур.

Ключевые слова: конечный автомат, машинное обучение, распознавание последовательностей, гибридные модели, анализ генетических последовательностей, распознавание жестов, классификация текстов.

Information about the authors

Amirzhan Kuanyshuly Kalpen – master student, Astana IT University, Astana, Kazakhstan; e-mail: amirzhan103@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3545-4080>.

Eric T. Matson – PhD, professor, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA; e-mail: ematson@purdue.edu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9200-4903>.

Ainur Zhumadillayeva* – candidate of technical sciences, associate professor, Astana IT University, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

Kanagat Dyussekeyev – candidate of technical sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: dyussekeyev_ka@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7691-2506>.

Авторлар туралы мәліметтер

Әміржан Қуанышұлы Қалпен* – Астана ІТ университетінің магистранты, Астана, Қазақстан; e-mail: amirzhan103@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3545-4080>.

Эрик Т. Матсон – PhD, профессор, Пердью Университет, Уэст Лафайетте, Индиана, АҚШ; e-mail: ematson@purdue.edu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9200-4903>.

Айнур Канадилловна Жумадиллаева* – техника ғылымдарының кандидаты, Astana IT University, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

Канагат Абетович Дюсекеев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; e-mail: dyussekeyev_ka@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7691-2506>.

Сведения об авторах

Амиржан Куанышулы Калпен – магистрант Astana IT University, Астана, Казахстан; e-mail: amirzhan103@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3545-4080>.

Эрик Т. Матсон – PhD, профессор, Пердью Университет, Уэст Лафайетте, Индиана, США; e-mail: ematson@purdue.edu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9200-4903>.

Айнур Канадилловна Жумадиллаева* – кандидат технических наук, Astana IT University, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; e-mail: Zhumadillayeva_ak@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1042-0415>.

Канагат Абетович Дюсекеев – кандидат технических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; e-mail: dyussekeyev_ka@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7691-2506>.

Received 20.02.2025

Revised 14.03.2025

Accepted 17.03.2025

Г.М. Баенова*, **К.С. Агадилова**, **Ш.Ж. Сеилов**, **Н. Ұзаққызы**
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
010000, Республика Казахстан, г. Астана, ул. Пушкина, 11
*e-mail: gulmmira@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация: Для решения задач распознавания движущихся объектов системами видеонаблюдения не существуют универсальных алгоритмов. Однако, для разных систем и в случае разных ситуаций оптимальным является лишь некоторый конкретный алгоритм, позволяющий произвести распознавание объектов. В данной статье проведен анализ интеллектуальных алгоритмов и их устойчивости, влияющих на качество распознавания и рассмотрен комплексный подход, приводящий в единую структуру обнаружение объектов, классификацию людей и распознавание гендерных различий. Нарботанный опыт в области распознавания образов позволил достичь высоких результатов в создании различных устройств и систем в медицине, в промышленном секторе, в системах обработки информации и видеонаблюдений. Однако технологии компьютерного зрения и оптического распознавания динамических объектов продолжают представлять собой чрезвычайно сложную часть научного исследования из-за разнообразия видеокамер и устройств. А также широкого спектра применения, в первую очередь, в целях безопасности в местах большого скопления людей, выявления беспорядка и т.д. В этом исследовании представлены основные задачи для разработки программной системы с использованием компьютерного зрения и алгоритмов глубокого обучения для идентификации и классификации людей в видеопотоках, определения их количества и определения их пола.

Ключевые слова: компьютерное зрение, анализ изображений, распознавание объектов, методы классификации, системы видеонаблюдений.

Введение

В последние годы системы видеонаблюдения стали неотъемлемой частью инфраструктуры безопасности в различных секторах, включая транспортные узлы, общественные места, промышленные объекты и жилые районы. А задача распознавания объектов в видеоряде является сложной задачей и требует применения особых методов обработки изображений, связанных с глубоким машинным обучением [1].

В зависимости от типа входного формата, а именно, будет ли это изображение объекта, видеозапись или видеопоток в режиме реального времени, для создания приложения используются разные алгоритмы.

Данное исследование направлено на разработку программного обеспечения, способного классифицировать людей среди других объектов в видеопотоках, определять их количество и различать их пол [2, 3]. Распознавание лиц на видеоизображениях среди множества других подвижных объектов является наиболее сложной задачей, требующей применения широкого математического аппарата. Разработка таких алгоритмов может найти широкое применение в таких областях, как обеспечение безопасности, управление толпой на крупных мероприятиях, мониторинг дорожного движения в торговых центрах и оптимизация работы служб безопасности.

Разработка программы с применением нейронной сети реализуется с помощью языка программирования Python, который является удобным благодаря своей гибкости и наличием широкого спектра библиотек, предназначенных для работы с нейронными сетями.

При этом новейшие достижения цифровой техники и вычислительных мощностей предоставляют невероятные возможности получения качественных снимков и видеозаписей. В данной статье описан метод обнаружения людей на видеоизображениях, обученный на базовой модели YOLO. На сегодняшний день это лучшая модель глубокого обучения, предназначенная для различных задач компьютерного зрения. Она обладает преимуществами перед другими моделями по самым важным аспектам. В первую очередь, это анализ точности, который включает такие критерии, как точность детектирования

объектов, качественная разметка данных для обучения, а также имеется сравнительный анализ эффективности данной модели перед другими моделями глубокого обучения [4].

Методология исследования и обсуждения

В современных системах компьютерного зрения задачи обнаружения и классификации объектов занимают центральное место, играя ключевую роль в таких приложениях, как видеонаблюдение, автономные транспортные средства и системы безопасности. Развитие глубокого обучения привело к появлению различных архитектур нейронных сетей, которые значительно улучшили качество и скорость распознавания объектов. Для реализации нейронной сетки использовались передовые технологии, фреймворки и инструменты, обеспечивающие высокую производительность, гибкость и масштабируемость разработанной системы. Эти технологии позволяют реализовать сложные методы компьютерного зрения для распознавания и классификации объектов на основе анализа видеопотока.

Для распознавания объектов в видеопотоке необходимо разработать алгоритм идентификации объектов. Задачей данного исследования является идентификация человеческих лиц в видеоряде с помощью метода классификации объектов [5]. Классификация объектов может осуществляться двумя способами. Первый способ – это фасетный, который разделяет исходное множество на подмножества по условным признакам. Второй – иерархический, который разделяет исходное множество на подмножества, с определением родительских и им подчиненных уровней. Разделение на подмножества происходит только по одному признаку деления.

Объект считается идентифицированным, если для него установлен определенный уникальный ключ в виде номера принадлежности к классу. В результате классификации объект будет относиться к одному из классов. Классы из множества классов подразделяются на иерархические группы. Также для объекта выявляется его местоположение на изображении [6].

На рисунке 1 показаны взаимосвязи между различными характеристиками прогнозируемых объектов с помощью меток, такими как координаты центров ограничивающих рамок (x и y), ширины и высоты.

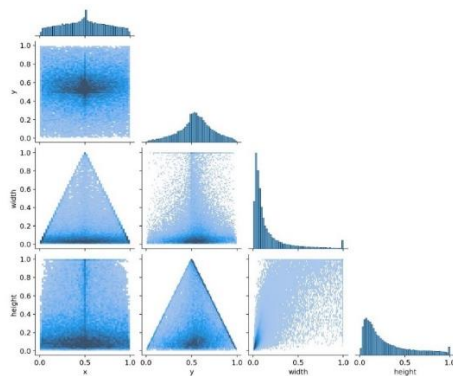


Рисунок 1 – Распределение меток объекта (YOLO)

Конкретно для решения задач, связанных с обнаружением объектов и классификацией в видеопотоках, наиболее подходящей платформой является TensorFlow 2 – это масштабируемая, мощная платформа для создания и обучения моделей глубокого обучения, разработанная компанией Google. Она имеет модульную архитектуру, которая поддерживает работу с различными вычислительными устройствами, такими как центральные процессоры (CPU), графические процессоры (GPU) и тензорные процессоры (TPU) и использовалась для создания и обучения сверточных нейронных сетей (CNN), которые служат основой для выполнения задач распознавания и классификации объектов. Кроме того, платформа поддерживает динамическую оптимизацию вычислений и распределенные вычисления, что позволяет эффективно масштабировать обучение при работе с большими наборами данных. TensorFlow также включает в себя механизмы мониторинга и визуализации хода обучения, что делает его одним из самых популярных и надежных инструментов для глубокого обучения.

Компьютерное зрение – это область искусственного интеллекта, ориентированная на автоматическое извлечение, анализ и понимание информации из изображений и видео. Основными задачами компьютерного зрения являются обнаружение объектов, распознавание лиц, сегментация изображений и отслеживание объектов. Эти задачи обычно решаются с использованием методов глубокого обучения, в частности сверточных нейронных сетей (CNN), которые эффективно обрабатывают пространственные данные, такие как изображения [7].

YOLO является одной из множества предварительно обученных архитектур для задач обнаружения объектов и обеспечивает высокую точность и скорость обнаружения, что особенно важно при работе с видеопотоками в реальном времени.

Концептуальная основа алгоритма YOLO превращает обнаружение объектов в единую регрессионную задачу, обеспечивая высокую скорость и эффективность. Вместо анализа изображений по частям, YOLO обрабатывает все изображение за один проход через нейронную сеть. Такой целостный подход не только ускоряет обнаружение, но и сохраняет контекстную информацию, что увеличивает точность прогнозов.

YOLO достигает своей эффективности, обходя традиционные методы определения на основе регионов. В отличие от R-CNN и его производных, которые генерируют предложения по регионам и затем классифицируют их, YOLO рассматривает обнаружение как единую задачу, что значительно снижает вычислительную сложность

TensorFlow поддерживает ряд стратегий для обучения распределенной модели, которые позволяют одновременно использовать несколько устройств. Стратегия зеркального отображения нескольких рабочих процессов – это одна из таких стратегий, которая обеспечивает синхронное обучение на нескольких устройствах, включая локальные и облачные среды. Это упрощает процесс параллельного обучения за счет распределения данных и синхронизации обновлений между устройствами.

В данном исследовании тензорные процессоры используются в облачной среде, что сокращает время обучения при работе с большими наборами данных, поскольку тензорные процессоры (TPU) специально разработаны для ускорения вычислений в задачах машинного обучения. Это обеспечивает масштабируемое обучение и эффективную обработку больших объемов данных, что имеет решающее значение для системы, предназначенной для работы в режиме реального времени [8]. Стратегия зеркального отображения нескольких объектов, в свою очередь, применяется для обучения на нескольких локальных устройствах, обеспечивая гибкость и позволяя проводить обучение в различных средах.

Методология исследования представляет собой последовательность действий, направленных на достижение поставленных целей. На каждом этапе, начиная с отбора данных и моделей, их предварительной обработки, обучения и заканчивая тренировкой (тонкой настройкой), используются специально разработанные методы и инструменты.

Результаты

Для задач данного исследования был использован набор данных COCO 2017 (Общие объекты в контексте), который является наиболее признанным для задач компьютерного зрения [9]. Он специально разработан для обнаружения объектов, сегментации и создания субтитров, что делает его подходящим для разработки надежных моделей машинного обучения.

Набор данных COCO 2017 содержит более ста тысяч обучающих изображений, пять тысяч проверочных изображений и около сорока тысяч тестовых изображений [10, 11]. Преимущество данного набора состоит в том, что он содержит аннотации для восьмидесяти категорий объектов и подробную информацию об ограничивающих рамках объектов, масках сегментации экземпляров и ключевых точках. Эти характеристики обеспечивают надежность модели как при обучении, так и при оценке. Основное внимание уделяется обнаружению и классификации объектов, особенно, связанных с детекцией принадлежности к человеку и его гендерных признаков. Таким образом, основные характеристики COCO являются следующими.

Расширенные аннотации. Набор данных содержит подробные аннотации для ограничивающих рамок и сегментации, необходимые для обучения моделей обнаружения объектов.

Разнообразие. Набор данных охватывает широкий спектр реальных сценариев, включая различные среды, позы и условия освещения.

Масштабируемость. Большое количество выборок и разнообразные категории данных хорошо подходят для моделей глубокого обучения.

Стандартный тест. Набор данных является общепринятым тестом для задач обнаружения объектов и позволяет проводить сравнения с другими методами.

Предварительная обработка набора данных. Для подготовки набора данных к обучению было применено несколько этапов предварительной обработки:

- изменение размера: все изображения были изменены до фиксированного разрешения 512x512 пикселей с сохранением, по возможности, соотношения сторон для обеспечения совместимости с моделью;
- нормализация: значения пикселей были нормализованы к диапазону [0, 1], что способствует более быстрой конвергенции во время обучения модели;
- увеличение объема данных: были применены случайные преобразования, такие как обрезка, переворот и поворот, для увеличения вариативности набора данных и уменьшения переобучения.

Набор данных СОСО за 2017 год является достаточным и разнообразным источником для задачи распознавания лиц в видеопотоке и образует прочную модель для обучения обнаружения объектов.

Как было отмечено выше, для выполнения задачи обнаружения объектов была использована архитектура глубокого обучения YOLO (You Only Look Once), позволяющая обнаруживать объекты в режиме реального времени и быстро обрабатывать изображения без существенного ущерба для точности.

Таким образом, реализация YOLO, алгоритм которого представлен на рисунке 2, включает:

- применение метода обнаружения объектов к кадрам видео в реальном времени;
- представление ограничивающей рамки;
- отображение ограничивающих рамок и показателей достоверности для обнаруженных лиц;
- приведение изображения к подходящему размеру;
- фильтрация с помощью подавления немаксимумов;
- подсчет количества обнаруженных лиц в режиме реального времени.

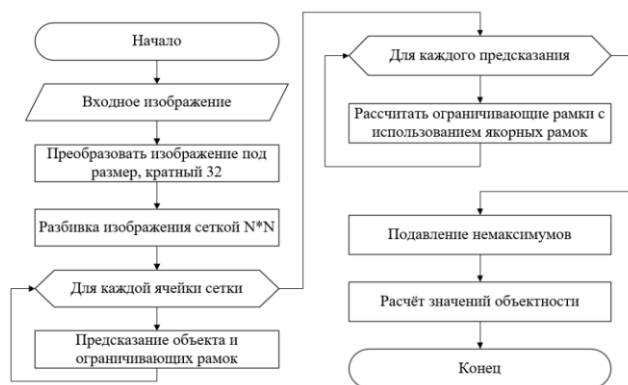


Рисунок 2 – Алгоритм идентификации модели YOLO

Применение в режиме реального времени. Обучение модели проводилось на доступном оборудовании, в частности, с использованием процессора Intel Core i5 и графического процессора NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti, что обеспечивало практичность и воспроизводимость результатов. Конфигурация обучения включает:

- размер пакета: 4;
- размер изображения: 320×320 пикселей;
- количество эпох: 30.

Конвейер обнаружения в реальном времени использует OpenCV для обработки видео и вывода логических выводов и подходит для приложений наблюдения и мониторинга. В оценку производительности модели входило две метрики: значение средней точности (mAP50-95) и предсказания классов (accuracy_top5), графики приведены на рисунках 3 и 4 соответственно.

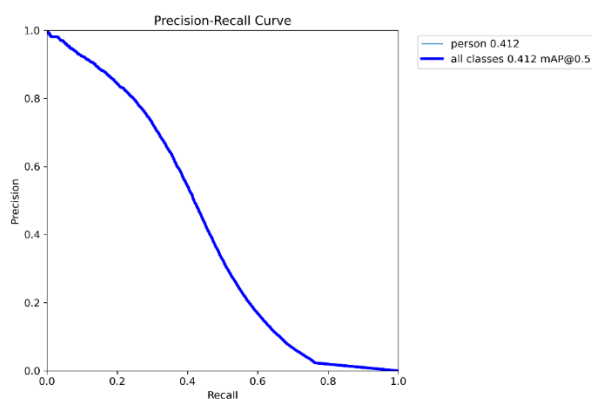


Рисунок 3 – Средняя точность обнаружения объектов (YOLO)

Площадь под кривой (AUC-PR) используется для дальнейшей оценки качества модели. Большая площадь под кривой указывает на то, что модель сохраняет высокую точность при увеличении количества отзывов.

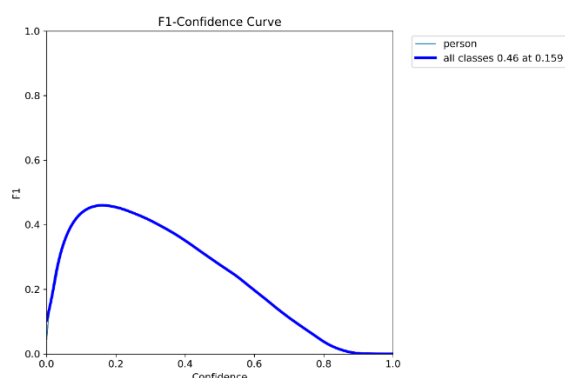


Рисунок 4 – F1-Доверительная кривая (YOLO)

Оптимальная точка на кривой указывает на порог, при котором достигается наилучший баланс между этими показателями, сводящий к минимуму как ложные срабатывания, так и пропущенные обнаружения. Поиск подходящего порогового значения для реальных условий является важнейшим аспектом

Заключение

Для реализации таких систем обычно применяются комплексные алгоритмы обработки видео, которые позволяют выделить интересующие объекты на фоне окружающей среды. При этом надо отметить, что алгоритмы, связанные с распознаванием пола, возраста и эмоций пока не очень хорошо работают. В этом направлении необходимо нарабатывать новые методы. Сам алгоритм состоит из следующих шагов. Сначала – выбрать объекты идентификации, затем определить метод распознавания данных объектов и разработать алгоритм обработки объектов на видеоизображении, в данном исследовании это сегментация видеопотока на отдельные кадры и выделение на них движущихся объектов. Для этого используются различные методы компьютерного зрения, такие как выделение контуров, определение цветовых характеристик и т.д. Устойчивость алгоритмов компьютерного зрения определяется разными факторами, одним из которых является правильное определение идентификационных признаков распознаваемого объекта, а именно, способность признака противостоять изменениям.

Таким образом, выбранный метод идентификации изображений на основе YOLO обладает развитыми функциями для задач компьютерного зрения и позволяет получить эффективное решение для распознавания объектов на видеопотоке.

Список литературы

1. Интеллектуальные системы видеонаблюдения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mascomvostok.ru/service/intellektualnye-sistemy-videonablyudeniya/> (Дата обращения: 08.02.2025).

2. Chen K. Gender Classification Based on Deep Learning in Computer Vision / K. Chen, Y. Li, J. Wu // IEEE Access. – 2019. – № 7. – P. 117175-117184.
3. Karkkainen K. FairFace: Face Attribute Dataset for Balanced Race, Gender, and Age for Bias Measurement and Mitigation / K. Karkkainen, J. Joo // In Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision. – 2021 – P. 1548-1558.
4. Колбасов С.Ю., Орлов Ю.К. Сравнение эффективности обнаружения объектов современных сверточных нейронных сетей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://masters.donntu.ru/2020/fknt/kolbasov/library/article2.pdf> (Дата обращения: 03.03.2025).
5. LightCSPNet: A Lightweight Network for Image Classification and Objection Detection / C. Wang et al // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2023. – № 16(1). – P. 46. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00226-5>.
6. You Only Look Once: Unified Real-Time Object Detection / J. Redmon et al // In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. <https://arxiv.org/abs/1506.02640>.
7. Mahmood A. Human Detection Using CNN for Autonomous Systems / A. Mahmood, H. Liu, S. Wong // Journal of Robotics. – 2016.
8. Vasilescu M.A.O. Multilinear analysis of image ensembles: Tensor-Faces, in ECCV 2002 / M.A.O. Vasilescu, D. Terzopoulos // Proceedings of the 7th European Conference on Computer Vision. – 2002. – V. 2350 of Lecture Notes in Computer Science. – P. 447-460.
9. Набор данных COCO. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.ultralytics.com/ru/datasets/detect/coco/>
10. PyTorch torchvision COCO Dataset. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skine.ru/articles/338448/>
11. COCO Dataset: All You Need to Know to Get Started. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.v7labs.com/blog/coco-dataset-guide>

References

1. Intellektual'nye sistemy videonablyudeniya [Ehlektronnyi resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.mascomvostok.ru/service/intellektualnye-sistemy-videonablyudeniya/> (Data obrashcheniya: 08.02.2025). (In Russian).
2. Chen K. Gender Classification Based on Deep Learning in Computer Vision / K. Chen, Y. Li, J. Wu // IEEE Access. – 2019. – № 7. – R. 117175-117184. (In English).
3. Karkkainen K. FairFace: Face Attribute Dataset for Balanced Race, Gender, and Age for Bias Measurement and Mitigation / K. Karkkainen, J. Joo // In Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision. – 2021 – R. 1548-1558. (In English).
4. Kolbasov S.YU., Orlov YU.K. Sravnenie ehffektivnosti obnaruzheniya ob"ektov sovremennykh svertochnykh neironnykh setei. [Ehlektronnyi resurs] – Rezhim dostupa: <https://masters.donntu.ru/2020/fknt/kolbasov/library/article2.pdf> (Data obrashcheniya: 03.03.2025). (In Russian).
5. LightCSPNet: A Lightweight Network for Image Classification and Objection Detection / S. Wang et al // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2023. – № 16(1). – R. 46. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00226-5>. (In English).
6. You Only Look Once: Unified Real-Time Object Detection / J. Redmon et al // In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. <https://arxiv.org/abs/1506.02640>. (In English).
7. Mahmood A. Human Detection Using CNN for Autonomous Systems / A. Mahmood, H. Liu, S. Wong // Journal of Robotics. – 2016. (In English).
8. Vasilescu M.A.O. Multilinear analysis of image ensembles: Tensor-Faces, in ECCV 2002 / M.A.O. Vasilescu, D. Terzopoulos // Proceedings of the 7th European Conference on Computer Vision. – 2002. – V. 2350 of Lecture Notes in Computer Science. – P. 447-460. (In English).
9. Nabor dannykh SOSO. [Ehlektronnyi resurs] – Rezhim dostupa: <https://docs.ultralytics.com/ru/datasets/detect/coco/> (In Russian).
10. PyTorch torchvision COCO Dataset. [Ehlektronnyi resurs] – Rezhim dostupa: <https://skine.ru/articles/338448/> (In English).
11. COCO Dataset: All You Need to Know to Get Started. [Ehlektronnyi resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.v7labs.com/blog/coco-dataset-guide>. (In English).

Г.М. Баенова*, К.С. Агадилова, Ш.Ж. Сеилов, Н. Ұзаққызы
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Пушкина к-сі, 11
*e-mail: gulmmira@yandex.ru

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ОБЪЕКТИЛЕРДІ АНЫҚТАУ ҮШІН КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ

Бейнебақылау жүйелерімен қозғалатын объектілерді тану мәселелерін шешу үшін әмбебап алгоритмдер жоқ. Алайда, әр түрлі жүйелер үшін және әр түрлі жағдайларда объектілерді тануға мүмкіндік беретін белгілі бір алгоритм ғана оңтайлы болып табылады. Бұл мақалада тану сапасына әсер ететін интеллектуалды алгоритмдердің тұрақтылығына талдау жасалады және объектілерді анықтаудың, адамдардың жіктелуінің және гендерлік айырмашылықтарды танудың біртұтас құрылымына әкелетін кешенді тәсіл қарастырылады. Үлгіні тану саласындағы жинақталған тәжірибе медицинада, өнеркәсіптік секторда, ақпаратты өңдеу және бейнебақылау жүйелерінде әртүрлі құрылғылар мен жүйелерді құруда жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік берді. Дегенмен, компьютерлік көру және динамикалық нысандарды оптикалық тану технологиялары бейнекамералар мен құрылғылардың әртүрлілігіне байланысты ғылыми зерттеудің өте күрделі бөлігі болып қала береді. Сондай-ақ, ең алдымен, адамдар көп жиналатын орындардағы қауіпсіздік, тәртіпсіздікті анықтау және т. б. мақсатында қолданудың кең спектрі. Бұл зерттеу бейне ағындарындағы адамдарды анықтау және жіктеу, олардың санын анықтау және жынысын анықтау үшін компьютерлік көру және терең оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып, бағдарламалық жүйені әзірлеудің негізгі міндеттерін ұсынады.

Түйін сөздер: компьютерлік көру, кескінді талдау, нысанды тану, жіктеу әдістері, бейнебақылау жүйелері.

G.M. Baenova*, K.S. Agadilova, Sh.Zh. Seilov, N. Uzakkysy
L.N. Gumilyov Eurasian National University,
010000, Kazakhstan, Astana, Pushkin str., 11
*e-mail: gulmmira@yandex.ru

USING COMPUTER VISION ALGORITHMS TO IDENTIFY MOVING OBJECTS

There are no universal algorithms for solving problems of recognizing moving objects by video surveillance systems. However, for different systems and in the case of different situations, only some specific algorithm is optimal, allowing for object recognition. This article analyzes the stability of intelligent algorithms that affect the quality of speech recognition and considers an integrated approach that integrates object detection, classification of people, and recognition of gender differences. The accumulated experience in the field of pattern recognition has allowed us to achieve high results in the creation of various devices and systems in medicine, in the industrial sector, in information processing systems and video surveillance. However, computer vision technologies and optical recognition of dynamic objects continue to be an extremely difficult part of scientific research due to the variety of video cameras and devices. As well as a wide range of applications, primarily for security purposes in crowded places, disorder detection, etc. This study presents the main tasks for developing a software system using computer vision and deep learning algorithms to identify and classify people in video streams, determine their number and determine their gender.

Key words: computer vision, image analysis, object recognition, classification methods, video surveillance systems.

Сведения об авторах

Гульмира Мусаевна Баенова* – PhD, ст.преподаватель кафедры компьютерной и программной инженерии, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана; e-mail: gulmmira@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6191-458X>.

Каламкас Сайрановна Агадилова – магистрант 2 курса по специальности вычислительная техника и программное обеспечение, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана; e-mail: 030726650266@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1573-1994>.

Шахмаран Журсинбекович Сеилов – к.т.н, декан ФИТ, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана; e-mail: seilov_sh_zh@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5716-4506>.

Нүргүл Ұзаққызы – PhD, ст.преподаватель, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана; e-mail: uzakkyzy_n@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>.

Авторлар туралы мәліметтер

Гульмира Мусаевна Баенова* – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті «Компьютерлік және бағдарламалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, PhD, Астана қ.; e-mail: gulmmira@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6191-458X>.

Каламкас Сайрановна Агадилова – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы бойынша 2 курстын магистранты, Астана қ.; e-mail: 030726650266@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1573-1994>.

Шахмаран Журсинбекович Сеилов – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, техника ғылымдарының кандидаты, ақпараттық технологиялар факультетінің деканы, Астана қ.; e-mail: seilov_sh_zh@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5716-4506>.

Нүргүл Ұзаққызы – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «Компьютерлік және бағдарламалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, PhD, Астана қ.; e-mail: uzakkyzy_n@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>.

Information about the authors

Gulmira Musaevna Baenova* – L.N. Gumilyov Eurasian National University, PhD, Senior Lecturer at the Department of Computer and Software Engineering, Astana; e-mail: gulmmira@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6191-458X>.

Kalamkas Sairanovna Agadilova – L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2nd year Master's student in the Computer Engineering and Software, Astana; e-mail: 030726650266@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1573-1994>.

Shakhmaran Zhursinbekovich Seilov – L.N. Gumilyov Eurasian National University, candidate of technical sciences, dean of the Faculty of Information Technologies, Astana; e-mail: seilov_sh_zh@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5716-4506>.

Nurgul Uzakkyzy – L.N. Gumilyov Eurasian National University, PhD, Senior Lecturer at the Department of Computer and Software Engineering, Astana; e-mail: uzakkyzy_n@enu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8262-0240>.

Поступила в редакцию 18.02.2025

Поступила после доработки 20.03.2025

Принята к публикации 21.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-7](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-7)

FTAXP: 55.13.17



А.Б. Советканов, Е.Я. Шаяхметов*, Р.А. Советбаев
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка көшесі, 20 А
*e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

КОНВЕЙЕРЛЕРДІҢ АЙНАЛМАЛЫ ТОРАПТАРЫНЫҢ ҰЗАҚТЫҒЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ РЕСУРСЫН АРТТЫРУ ТӘСІЛДЕРІ

Аңдатпа: Жұмыстың мақсаты таспалы конвейер роликтерінің қызмет ету мерзімін есептеудің әртүрлі әдістерін талдау және роликтің нақты қызмет ету мерзімін анықтаудың оңтайлы әдісін таңдау. Роликтің есептік ресурсы көбінесе нақты өмірден айтарлықтай ерекшеленеді, сондықтан нақты қызмет мерзімін анықтау маңызды міндет болып табылады. Роликті есептеу өнімдегі ең жиі істен шыққан түйін – мойынтірек түйіні бойынша жүзеге асырылады. ISO 281:1990 және SKF мойынтіректерін өндіруші ұсынған әдістеме бойынша мойынтірек түйіндерінің беріктігін есептеу талдауы жүргізілді. Осы саладағы есептеу әдістері мен әдебиеттеріне жүргізілген талдау қазіргі заманғы мойынтіректердің жоғары стандарттарға сәйкес келетіндігін және сирек істен шығатынын көрсетті, істен шығудың негізгі себептері сыртқы жағдайлар, мысалы, жоғары ылғалдылық, шаңдану және т.б. яғни мойынтірек түйінінің қауіпсіздігін ескеретін есептеу әдістерін қолданған жөн. Ең Жоғары критикалық жүктемелерсіз өнімді монотонды, біркелкі пайдалану мүмкін еместігі белгілі және бұл қазіргі заманғы мойынтіректерді есептеу кезінде де көрінеді. Талдаудың нәтижесі өнімнің қызмет ету мерзімін ұзартуды көздейтін жаңа конструкциядағы таспалы конвейер роликтің есептеу болды.

Авторлар алған нәтижелердің қолданылу саласы мойынтіректердің ресурсын анықтау және күрделі пайдалану жағдайларында жұмыс істейтін таспалы конвейер роликтерінің қызмет ету мерзімін анықтау әдістемесін жетілдіру болып табылады. Бұл жұмыстың нәтижелерін оның түйіндерінің сенімділігі мен беріктігін арттыру үшін әртүрлі таспалы және роликті конвейерлерді зерттеу кезінде пайдалануға болады.

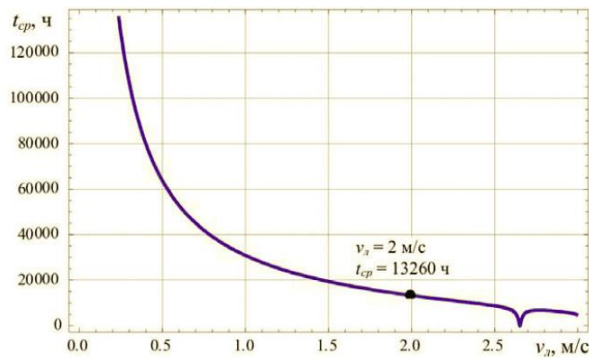
Түйін сөздер: конвейер роликті, мойынтірек, мойынтірек жинағы, есептелген қызмет мерзімі, өнім ресурсы.

Кіріспе

Кез-келген өнімнің қызмет ету мерзімін анықтау қиын. Ол көбінесе статистикалық және тәжірибелік мәліметтерге, сондай-ақ өнімнің элементтерімен сыналатын нақты жүктемелерге негізделген. Бұйымды дайындаушы, бұл жағдайда конвейерлік ролик, оның қызмет ету мерзімін белгілеуге міндетті, оның ішінде, егер ол жөндеуге жарамды ролик болса, онда оның жинақтаушы бұйымдары жарамдылық мерзімі аяқталғанға дейін мақсатына сай пайдаланылуы мүмкін.

Әртүрлі әдебиеттерде роликтердің қызмет ету мерзімі әртүрлі ұсынылған, мысалы [1], тау-кен өнеркәсібінде қолданылатын таспалы конвейерлер үшін орта есеппен, тиеу қондырғыларындағы конвейер роликтерінің қызмет ету мерзімі 0,5 жылдан 1,0 жылға дейін, ал конвейер қондырғысы бойынша – 0,7 жылдан 2,5 жылға дейін (орта есеппен 1,7 жыл). Белдік ені 1800-2000 мм болатын ортаңғы, ең көп жүктелетін роликтің есептік қызмет ету мерзімі номиналдыдан 60-80% аспайтын мойынтірек бірлігінің жүктемесі кезінде 35 мың сағатты құрайды.

В.Ф. Монастырский [2] графикті (1-сурет) ұсынады, онда қызмет ету мерзімінің белдіктің жылдамдығына және, мысалы, 2 м/с жылдамдыққа тәуелділігі көрсетілген, қызмет ету мерзімі шамамен 16 мың сағатты құрайды. Біз сондай-ақ графикте 1-1,5 м/с жылдамдықтардан кейін роликтің қызмет ету мерзімінің азайғанын көреміз, бұл әрине таспаға және сәйкесінше роликтерге динамикалық жүктемелердің ұлғаюымен байланысты.



Сурет 1 – роликтің орташа қызмет ету мерзімінің қатты роликті тіректерге арналған конвейер жылдамдығына тәуелділігі

ГОСТ R51984-2002 «Таспалы конвейерлер» қалыпты таспа жылдамдығында ленталық роликтердің 90% қызмет ету мерзімін береді, мысалы, 2 м/с таспа жылдамдығында диаметрі 159 мм роликті қарастыруға болады, оның 90% қызмет ету мерзімі 11 мың сағатты құрайды. машина уақыты.

МЕСТ R51984-2002 «шахталық таспалы конвейерлер» таспаның қалыпты жылдамдығындағы таспа роликтерінің 90% ресурсын береді, мысалы, 2 м/с таспа жылдамдығында диаметрі 159 мм роликті қарастыруға болады, оның 90% ресурсы 11 мың сағ. (машина уақытымен).

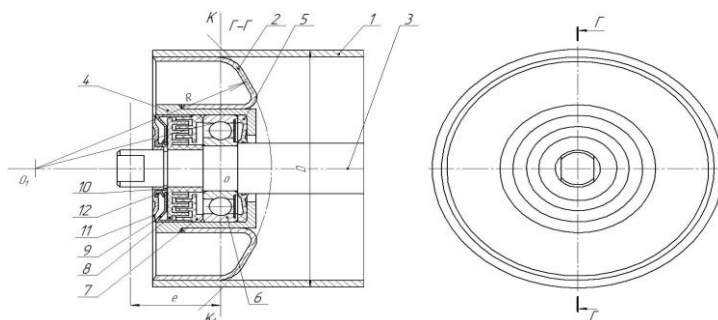
Осылайша, біз шамалы айырмашылыққа қарамастан, конвейердің сызықтық бөлімі үшін орташа жылдамдықта 1,5-тен 3 м/с-қа дейін әр түрлі әдебиет көздері [1, 2] және МЕСТ жалпы бірдей суретті береді, роликтердің болжамды қызмет ету мерзімі 35-40 мың сағаттық таспаның жылдамдығына байланысты, жарамды қызмет ету мерзімі айтарлықтай өзгереді ал тау-кен кәсіпорындарының роликтері үшін 5 мың сағаттан 18 мың сағатқа дейін машиналық уақытты құрайды (жекелеген жағдайлар үшін ең көбі 30 мың сағат). Көбінесе әртүрлі дереккөздерде, көбінесе жарнамалық сипатта, конвейер ролигінің жұмысы 50 мың сағаттан 90 мың сағатқа дейін жарияланады, бірақ әрдайым кепілдік мерзімі 1 жыл, бұл бізді осы көрсеткіштер асыра бағаланған және дәлірек есептелген деректер деген қорытындыға әкеледі.

Әдістеме

Қазіргі заманғы конвейерлік роликтердің есептік ресурсы оның нақты қызмет ету мерзімінен айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін және оның жұмыс жағдайына байланысты (роликтің жүктемесі, тасымалданатын жүктің түрі, конвейер таспасының жылдамдығы), құрастыру және құрастыру бұрмаланғаннан кейін болуы, мойынтіректің қорғаныс тығыздағышының түрі және т.б. көбінесе әрбір жеке жағдай үшін жұмыс тиімділігінің әртүрлі критерийлерін орнатуға болады роликтер (егер бір жағдайда жылдамдық маңызды рөл атқарса, екіншісінде бұл жүктің бір бөлігі болуы мүмкін). Мен конвейер роликтерінің мойынтіректерінің олардың беріктігіне үлкен әсерін атап өткім келеді, өйткені бұл көбінесе роликтің істен шығатын түйіні. Роликтің істен шығуының негізгі себептері оның роликке динамикалық жүктемелерге, оның шаң тәрізді бөлшектермен бітелуіне және майлаудың жеткіліксіздігіне байланысты кептелуі болып табылады. Көзден [3] біз мойынтіректерді өндірушілер жүргізген зерттеулер шарикті мойынтіректердің қисаю бұрыштарының ұлғаюы роликтің осін қабыққа «өзі орнатуға» ықпал ететінін, осылайша мойынтіректің қызмет ету мерзімін екі есеге арттыратынын және сәйкесінше роликтің қызмет ету мерзімін ұзартатынын көреміз. Қолданыстағы роликті тірек конструкцияларында, роликтерді өндіру және құрастыру технологиясында мойынтірек сақиналарының алдын ала қисаюы сөзсіз, бұл олардың жүк көтергіштігін айтарлықтай төмендетеді.

Бұл жағдайда біз түпнұсқа конструкциядағы роликтің шамамен қызмет ету мерзімін есептегіміз келеді (2-сурет). Бұл конвейерлік роликті құрудың мақсаты роликтерді қолдану арқылы таспалы конвейердің қызмет ету мерзімін арттыру болып табылады, оның дизайны шарикті мойынтіректің сыртқы сақинасының ішкі сақинаға қатысты салыстырмалы қисаю құбылысын болдырмайды, яғни оған әсер ететін статикалық және динамикалық жүктемелердің әсерінен ішкі және сыртқы сақинаның мәжбүрлі бірлескен қисаюы қамтамасыз етіледі, бұл мойынтіректің кептелуіне жол бермейді. Майлау қоры мойынтірекке және

тығыздағыш қуысына бүкіл қызмет ету мерзіміне жүктеледі, Сондықтан бір жағынан қорғау үшін майлау қуысы бар лабиринттен және айналмалы тығыздағыштан, екінші жағынан қорғаныс шайбасы бар шарикті мойынтіректен тұратын жоғары сапалы біріктірілген тығыздағышты пайдалану керек, бұл мойынтіректі майлаудың ағып кетуінен және шаңның, кірдің және ылғалдың енуінен қорғауы керек the шарикті мойынтірек қуысы тек қозғалыста ғана емес, сонымен қатар тоқтау кезінде де [4]. Бұл дизайн жалғыз емес, бірақ жүктеме әсерінен шарикті мойынтіректің сыртқы сақинасының ішкі жағына қатысты бірлескен қисаюының жалпы принципімен біріктірілген [5-11] конструкциялар сериясының бірі. Роликтердің осы дизайнының болашағы қарастырылды [12, 13], техникалық деңгейдің болжамы және олардың техникалық сипаттамаларына салыстырмалы талдау жасалды. Конвейер роликтері мен роликтердің конструкцияларының істен шығу себептерін талдау жаңа дизайнда қолданылған мойынтіректерді біріктірудің тиімді жүйесін жасауға мүмкіндік берді [14].



Сурет 2 – Жаңа конструкциялы конвейерлі ролик

Роликтің жаңа конструкциясы (сурет 2) цилиндрлік корпустан немесе қозғалмайтын оське қатысты 11 тербеліс мойынтіректері арқылы айналатын 1 қоршаудан тұрады. Мойынтіректердің ішкі сақиналары білікте, ал сыртқы сақиналары стақанда орнатылған 11. 12 тоқтатқыш элементтері, 8-10 мойынтіректің құрамдастырылған тығыздағышы және мойынтіректі және тығыздағыштарды сыртқы ортадан қорғау үшін 5 мөрленген қаптамасы бар. Мойынтіректің ішкі жағы да 7 тығыздағышпен қорғалған, ал сыртынан оське мойынтірек торабын механикалық әсерлерден қорғайтын 6 қорғаныш қақпағы тығыздалған. Ролик 3 осінің жалғанғыштарымен роликті тіректің металл конструкциясына орнатылады, 3 осі қозғалмайды, ал 11 4 стақанымен және цилиндрлік қаптамасымен бірге 1 мойынтіректің сыртқы сақинасы айналады. Стақан 4 және цилиндрлік қаптама 1 жұқа қабырғалы күпшекпен дәнекерлеу көмегімен жалғанған 2. Оське орнатылған бөлшектер екі жағынан 12 тоқтатқыш сақиналарымен және 4 жиегіне 2 жұқа қабырғалы күпшегі арқылы пісірілген 1 стақанымен шектеледі. Демек, барлық элементтер сатылы оське және корпусқа қатысты шектелген еркіндік дәрежесіне ие. Сондай-ақ дұрыс пайдалану үшін осьтік ығысу барынша азайтылуы тиіс, мойынтіректік тораптың барлық бөлшектері тек қана шыны шегі мен сатылы ось 3 шегінде ығысуы мүмкін. Тораптың жұмысы кезінде сырғанау үйкелісі тек түйіспелі тығыздағыш элементтерде ғана болуы тиіс, онда ол қазіргі заманғы антифрикциялық материалдарды қолдану есебінен азайтылады.

Роликтің техникалық сипаттамалары:

- Роликтің диаметрі D , мм-159 (шарикті мойынтірек 60306 ГОСТ 7242-81)
- Қаптаманың ұзындығы L_1 , мм – МЕСТ 22644 және МЕСТ Р 51984 (160 – 2200; 530мм).
- Айналуға төзімділіктің рұқсат етілген моменті МЕСТ Р 51984 сәйкес.
- МЕСТ Р 51984 бойынша роликтердің 90% ресурсы.
- Пайдаланудың температуралық диапазоны - 40°C-тан + 40°C-қа дейін.
- Қозғалыс жылдамдығы, негізінен таспалы конвейерлер 2-3 м/с жылдамдықта жұмыс істейді;
- Лабиринтті де, контактілі де біріктірілген тығыздағыштан тұратын жоғары герметикалық мойынтірек жинағы, орталықтан тепкіш күштердің әсерінен өзін-өзі тазарту қабілетін қолдану.

Роликтің салмағын азайту мақсатында баспалдақтың штампталған элементтері мен тығыздау элементтерін полимерлік материалдардан (полиамидтен) орындау ұсынылады, тек қана жоғары сапалы майлауды қолдану пайдаланудың кез келген жағдайында бүкіл кезеңге сенімді жұмысты қамтамасыз етеді. Берік дәнекерленген конструкция.

Беріктіктің негізгі техникалық бағалау көрсеткіштері ресурс және қызмет ету мерзімі болып табылады. МЕСТ 27.002-89 (стандарт) сәйкес (техникадағы сенімділік. Негізгі ұғымдар. Терминдер мен анықтамалар) өнімнің қызмет ету мерзімі мен ресурсы сияқты ұғымдар нақты анықталған. Техникалық ресурс-объектіні пайдалану басталғаннан немесе белгілі бір түрді жөндегеннен кейін оны қалпына келтіруден бастап шекті күйге өткенге дейінгі жұмыс. Қызмет ету мерзімі-объектіні пайдалану басталғаннан немесе белгілі бір түрді жөндегеннен кейін оны қалпына келтіруден бастап шекті күйге өткенге дейінгі күнтізбелік ұзақтығы. Көп жағдайда бұл екі ұғым бір-бірімен қиылысады, мысалы, қауіпсіздік талаптарына немесе: экономикалық талдауға сүйене отырып, объектіні мақсатына қарай қолдануды еріксіз тоқтату мақсатында белгіленген ресурс (қызмет ету мерзімі) деген ұғым бар. Бұл ретте техникалық жай-күйіне, мақсатына, пайдалану ерекшеліктеріне байланысты объект тағайындалған ресурсқа жеткеннен кейін одан әрі пайдаланылуы, жөндеуден өтуі, есептен шығарылуы мүмкін.

Есептеу үшін жинау ролигінің беріктігі қызмет ету мерзіміне әсер ететін бірнеше элементтерден тұратын жүйе ретінде қарастырылуы керек екені анық. Сонымен қатар, өнімнің қызмет ету мерзімі мен оның сенімділігі екі түрлі, бірақ бір – бірімен байланысты параметрлер екенін ескеру қажет. Өнімнің сенімділігін есептеу үшін оны бүкіл өнімге әсер ететін ішкі жүйелерге (тораптар, агрегаттар, жинақтар, жиынтықтар) бөлу керек. Біздің роликтің негізгі бөліктері оның ресурсына тікелей әсер етеді: ось, мойынтірек, концентратор, қабық, тығыздау және майлау жүйесі. Осылайша, роликтің ресурсы $L_{рол}$:

$$L_{рол} = f(L_{подш}, L_{уплотн}, L_{смазки}, L_{оси}, L_{ступицы}, L_{обеч})$$

Роликтің ең сенімсіз элементі мойынтірек торабы болып табылатыны белгілі, оның істен шығуының негізгі себебі - абразивті тозу және соның салдарынан радиалды саңылаудың ұлғаюы, мойынтірек элементтерінің жүктеменің әсерінен шаршау бұзылуы [15]. Бұл ретте осьтің, күпшектің және қаптаманың өлшемдік параметрлері (диаметрі, қабырғасының қалыңдығы және т.б. сияқты) стандартты шама болып табылады және роликті жобалау кезінде МЕСТ бойынша іріктеледі және олардың беріктігі мен пайдалану сипаттамалары көбінесе қордың үлкен коэффициентімен алынады. Сондай-ақ, таспалы конвейерлердің роликтерін пайдаланудың практикалық тәжірибесін талдау [13] қаптама, ось, күпшек сияқты элементтерде салынған ресурс роликтің жинаудағы шекті ресурсынан асып түсетінін айтады. Бұл бізді роликтің ресурсын есептеуді оның мойынтіректерінің, майлау және оны механикалық зақымданудан және шаң тәрізді бөлшектермен ластанудан қорғайтын тығыздағыш элементтердің ресурсын есептеуге келтіруге болады деген қорытындыға әкеледі.

Мойынтіректің ресурс теориясының өзі күрделі және практикалық есептеулер үшін көп еңбекті қажет етеді, сондықтан біз ресурсты есептеудің қолданыстағы анағұрлым жеңілдетілген, бірақ сенімді емес әдістемелерін пайдаланамыз. 90% жағдайларда мойынтіректердің істен шығуының себебі шаршау емес, ластану, тозу, қисаю, тоттану немесе сепаратордың, майлау материалының немесе тығыздағыштардың зақымдануының салдары болып табылады [16].

Мойынтіректің ұзақтығының есептік көрсеткіші 90% сенімділікке сәйкес келетін L_{10} базалық ресурсы болып табылады. Бұл дегеніңіз әдеттегі материалдарды, өндіріс технологиясын және пайдалану шарттарын пайдаланады дегенді білдіреді.

ISO 281:1990 бойынша мойынтіректің номиналды ресурсы:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^P$$

немесе егер мойынтіректің айналуы тұрақты болса, ресурсты жұмыс сағаттарымен есептеуге болады:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10}$$

где

L_{10} – номиналды ресурс (сенімділігі 90% болғанда), миллиондаған айналымдар;

L_{10h} – номиналды ресурс (сенімділігі 90% болғанда), жұмыс сағаттары;

- C – мойынтіректің динамикалық жүк көтергіштігі, кН;
- P – мойынтірекке баламалы динамикалық жүктеме, кН;
- n – айналу жиілігі, айн/мин;
- p – ресурсты теңестіру дәрежесінің көрсеткіші (шарикті мойынтіректер үшін 3-ке тең)

Алайда мойынтіректердің арнайы қасиеттерін, пайдалану шарттарын, тығыздау түріндегі майлауды ескере отырып, ресурсты есептеген жөн. Мұндай жағдайларда түзетілген ресурсты есептеу орындалады. SKF мойынтіректерін өндіруші ұсынған түрлендірілген ресурсты есептеу кезінде және ISO 281:1990 сәйкес формулаға оны пайдалану шарттарына байланысты коэффициентті қосады. a_{SKF} ресурсының коэффициенті майлаудың нақты жағдайларын және η_c мойынтірегінің ластану деңгейінің коэффициентін ескереді (яғни тығыздау түрі, мойынтіректі қорғау, майлау түрі және пайдалану шарттары нақты ескеріледі). SKF ресурсының осы формуласын ескере отырып, мынадай түрді қабылдайды:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{SKF} \cdot L_{10} = a_1 \cdot a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

тұрақты айналу жиілігі кезінде ресурс:

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{nm}$$

мұнда

L_{nm} – SKF ресурсы, миллиондаған айналымдар;

L_{nmh} – SKF ресурсы, жұмыс уақыты;

a_1 – сенімділіктің түзету коэффициенті;

a_{SKF} – SKF ресурс коэффициенті.

Жаңа құрылымдағы роликтің ресурсын есептейміз.

Бастапқы деректер:

Біз ең көп жүктелген көлденең роликті есептейміз.

Шарикті мойынтірек 60306 (шетелдік аналогы 6306 2Z) 3м/с=180м/мин жылдамдықпен таспалы конвейердің үш роликті тірегінің орташа ролигінің бөлігі ретінде айналады немесе $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$ формуласы бойынша айналымға аударылса, біз 796,17 айн/мин аламыз.

Берілген мойынтіректің кестелік деректері [16]:

$C=29,6$ кН, – динамикалық жүк көтергіштігі;

$C_0=16$ кН, – статикалық жүк көтергіштігі;

$P_0=0.67$ кН, – шаршаудың шекаралық жүктемелері;

Есептік коэффициенттер $K_r=0.015$; $f_0=14/$

Майлауды SKF, LGHP2 Майлау түрі (коррозияға қарсы тамаша қорғаныспен және үлкен майлау ресурсымен сипатталады) немесе LGGB2 (төмен уыттылық, Жақсы тозуға қарсы және тозуға қарсы қасиеттер) қабылдайды.

Талап етілетін сенімділік 90% -ды құрайды, ал жұмыс жағдайлары лабиринтті және түйіспелі тығыздаудан тұратын аралас тығыздауды ескере отырып және орталықтан тепкіш күштердің әсерімен өзін-өзі тазарту мүмкіндігімен орташа ластануды болжайды. Күпшектің конструкциясы мойынтірек сақиналарының бірлескен қисаюын көздейтіндіктен, мойынтіректі ездiгiнен орнатылатын ретiнде қабылдаймыз.

Номиналды ресурсты 90 сенімділікпен қарастырамыз%

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{29,6}{1,78}\right)^3 = 4598,4 \text{ миллион айналымдар}$$

$C=29,6$ кН бұл мойынтіректің кестелік мәні.

Мойынтірекке эквивалентті динамикалық жүктеме формула бойынша анықталады:

$$P = x \cdot F_r + y F_a = 0,56 \cdot 1,645 + 1,85 \cdot 0,465 = 1,78 \text{кН}$$

мұнда

$F_r = 1645 \text{Н} = 1,645 \text{кН}$ – жүктеменің радиалды компоненті;

$F_a = 465 \text{Н} = 0,465 \text{кН}$ – жүктеменің осьтік компоненті;

x, y – сәйкесінше радиалды және осьтік жүктеме үшін коэффициенттер.

Әктасты тасымалдау кезінде белгілі бір жағдайлар үшін радиалды және осьтік жүктемелердің мәндері біз бұрын жүргізілген есептеу арқылы білеміз.

Коэффициенттер анықталады [16] $x=0,56$, $y=1,85$.

Жұмыс уақытындағы номиналды ресурс:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} = \frac{1000000}{60 \cdot 796,17} 4598,4 = 96260,8 \text{ жұмыс уақыты}$$

Мойынтіректердің істен шығуын болдырмайтын шамамен орташа пайдалану кезеңін анықтау үшін $t_0 = (0.572 \dots 0.475)L_{10}$ қатынасын пайдалануға болады [15 б. 176], біз орташа жұмыс кезеңін қайдан аламыз $t_0 = 96260,8 \cdot 0.475 = 45723$ жұмыс сағаты

ISO 281:1990/AMD 2:2000 талаптарына сәйкес келетін SKF ресурсын анықтайық:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{SKF} \cdot L_{10} = a_1 \cdot a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^P = 1 \cdot 1,6 \cdot \left(\frac{29,6}{1,78}\right)^3 = 7357,5 \text{ миллион айналымдар}$$

$a_1=1$, – сенімділікті түзету коэффициенті [13];

a_{SKF} – шаң бөлшектерінің ластану дәрежесін ескеретін SKF ресурсының коэффициенті.

Кестелік деректерден біз мойынтіректі табамыз $d_m = 0.5(d + D) = 0.5(30 + 72) = 51\text{мм}$;

5-диаграмма бойынша белгілі айналу жиілігі үшін жұмыс температурасындағы майдың қажетті номиналды тұтқырлығы, $v_1 = 20\text{мм/с}$, 6-диаграмма бойынша $v = 39\text{мм}^2/\text{с}$ табамыз, сондықтан $k = \frac{v}{v_1} = \frac{39}{20} = 1,9$

$\eta_c = 0,2$ коэффициенті, ластану деңгейіне байланысты коэффициент, әдеттегі ластану үшін біріктірілген лабиринтті және контактілі тығыздағыш пен қорғаныс қақпағын ескере отырып қабылданады. Біз $\eta_c \left(\frac{P_u}{P}\right) = 0.2 \left(\frac{0,67}{1,78}\right) = 0.07$ табамыз.

1-Диаграмма бойынша [16] біз модификацияланған $a_{SKF} = 1,6$ коэффициентінің шамасын табамыз, ол ластану мөлшері мен мойынтіректің майлау шарттарын ескереді.

Немесе жұмыс уақытында:

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{nm} = \frac{1000000 \cdot 7357,5}{60 \cdot 796,17} = 154018 \text{ жұмыс уақыты}$$

Біз алған мойынтіректің номиналды ресурсы, әрине, мойынтіректің нақты ресурсынан айтарлықтай ерекшеленеді. Алайда, тау-кен өнеркәсібі кәсіпорындарында роликтердің түрлі конструкцияларын пайдаланудың практикалық тәжірибесін талдауға және зерделеуге негізделіп отырып, желілік учаскелерде пайдалану мерзімі ең көп дегенде 30 мың сағатты құрайды, біз осы роликтер үшін практикалық тәжірибе және осындай роликтердің жұмысын талдау негізінде 35-40 мың сағаттың қызмет ету мерзімін белгілей аламыз. Бұл мерзім роликтердің жұмысын мұқият талдаудан басқа, жүйеден «әлсіз буынды» алып тастау арқылы «ұқсастықты арттыру» әсерімен де негізделуі мүмкін [17], (бұл жағдайда мойынтіректе қисаюдың пайда болуы және шаң тәрізді бөлшектердің түсуі әлсіз буын болып табылады) біз мойынтіректе қисаюдың, сыналардың пайда болу ықтималдығын болдырмаймыз, сондай-ақ тиімді аралас тығыздау арқылы мойынтіректе шаңның тығыздалуын болдырмаймыз, яғни істен шығу ықтималдығын жоямыз, мойынтіректің және тиісінше барлық роликтің ресурсын ұзартамыз.

Қорытынды

1. Біз көріп отырғандай, қазіргі заманғы жоғары сапалы мойынтіректер үлкен номиналды ресурсқа ие және шаршаған зақымданудан сирек істен шығады. Роликтердің істен шығуының негізгі факторлары әдетте пайдаланудың жағымсыз жағдайлары, ластану, сапасыз майлау, артық ылғал және т.б. нәтижесінде беткі зақымдану болып табылады. Мойынтіректің номиналды ресурсын есептеу статистикалық және тәжірибелік деректерге негізделеді, қазіргі заманғы конвейерлік роликтердің нақты ресурсы есептіден едәуір ерекшеленуі мүмкін және сыртқы жағдайларға, роликтің өзін сапалы монтаждау мен құрастыруға қатты тәуелді. Алайда, майлау жағдайын, абразивті шаң тәрізді бөлшектермен ластануын ескере отырып, бұл әдіс ылғалдың әсерін ескермейтінін атап өткім келеді, алайда майлаудағы ылғалдың 5% -ы мойынтіректің ресурсын 60% -ға қысқартатыны белгілі.

2. Роликті жобалау сатысында барлық қызмет мерзімі ішінде тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығын неғұрлым дәл анықтау үшін роликтердің ең аз партиясын дайындау және сынау қажет, бұл қажетті статистикалық материалды берер еді. Одан кейін Байес теоремасын [18] пайдалануға немесе [15] ұсынылған әдіс бойынша көрсетілген мерзім ішінде тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығын есептеуге болар еді.

Әдебиеттер тізімі

1. Стамов А.И. Конвейерные ролики улучшенной конструкции / А.И. Стамов // Горная промышленность. – 2001. – № 3. – С. 47-48.
2. Монастырский В.Ф. Определение срока службы роликов ленточных конвейеров для различных типов роликоспор / В.Ф. Монастырский, Р.В. Кирия, А.Н. Смирнов // Сборник научных трудов «Геотехническая механика», Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова. – Украина: 2014, Выпуск 115.
3. Долгов Э.П. О повышении долговечности роликов ленточных конвейеров (не традиционный подход к проблеме) / Э.П. Долгов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 12. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-povyshenii-dolgovechnosti-rolikov-lentochnyh-konveyerov-ne-traditsionnyu-podhod-k-probleme>.
4. Влияние технологических факторов на работоспособность роликоспор ленточных конвейеров / Е.Я. Шаяхметов и др. // Вестник КазНТУ. – Алматы: 2015. – № 1(107). – С. 189-193.
5. Предварительный пат. 7610 РК, МПК: В65G 39/00. Ролик конвейера / Темиртасов О.Т., Шахова С.С.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – Бюл. № 6, 1999.
6. Предварительный пат. 7756 РК, МПК: В65G 39/00. Ролик конвейера (варианты). Темиртасов О.Т.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – Бюл. № 7, 1999.
7. Предварительный пат. 9718 РК, МПК: В65G 13/00. Гравитационный роликовый конвейер / Байльдинов Е.Т., Темиртасов О.Т.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – Бюл. № 12, 2000.
8. Предварительный пат. № 20213 РК, МПК: В65G 47/52. Установка для перегрузки труб / Асенов Е.Т., Темиртасов О.Т.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – опубл.: 17.11.2008.
9. Предварительный пат. № 19998 РК, МПК: В65G 15/00. Ленточный конвейер Темиртасова / Темиртасов Д.К., Темиртасов О.Т.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – опубл.: 15.09.2008.
10. Пат. 21789 РК, МПК: В65G 15/00. Ленточный конвейер / Темиртасов О.Т. и др.; патентообладатель: Университет им. Шакарима г. Семей. – опубл.: 15.10.2009, Бюл. № 10.
11. Prospective design of conveyor rollers / В. Manezhanov et al // Research Journal of Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11. – P. 197-201.
12. Prediction of development prospects of roller support designs for conveyor systems / Y. Shayakhmetov et al // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 17. – P. 38110-38115.
13. Мендебаев Т.М. Анализ неисправностей роликов ленточных конвейеров в ходе эксплуатации на предприятиях восточного Казахстана / Т.М. Мендебаев, О.Т. Темиртасов, Е.Я. Шаяхметов // Вестник СГУ. – 2015. – № 4(72). – С. 58-63.
14. Анализ конструкций уплотнений роликов конвейеров работающих в условиях запыленной среды / Е.Я. Шаяхметов и др. // Вестник СГУ имени Шакарима. – 2015. – № 1(69). – С. 96-98.
15. Шахмейстер Л.Г. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
16. Электронный ресурс «Каталог подшипников SKF», d/115304/d/obshchiykatalog.chast1skf.pdf
17. A novel spatio-temporal characteristic extraction network for bearing remaining useful life prediction / Li Jiang et al // Published 28 August 2024. Published by IOP Publishing Ltd Measurement Science and Technology, Volume 35, № 11 Intelligent Maintenance, Diagnosis and Equipment Monitoring in Industry 4.0 era.
18. Капур К. Надежность и проектирование систем / Перевод с англ. Е.Г. Коваленко, под ред. И.А. Ушакова – М.: Изд. «Мир», 1980. – 598 с.

References

1. Stamov A.I. Konveiernye roliki uluchshennoi konstruksii / A.I. Stamov // Gornaya promyshlennost'. – 2001. – № 3. – S. 47-48. (In Russian).
2. Monastyrskii V.F. Opredelenie sroka sluzhby rolikov lentochnykh konveierov dlya razlichnykh tipov rolikoopor / V.F. Monastyrskii, R.V. Kiriya, A.N. Smirnov // Sbornik nauchnykh trudov «Geotekhnicheskaya mekhanika», Institut geotekhnicheskoi mekhaniki im. N.S. Polyakova – Ukraina: 2014, Vypusk 115. (In Russian).
3. Dolgov E.H.P. O povyshenii dolgovechnosti rolikov lentochnykh konveierov (ne traditsionnyi podkhod k probleme) / E.H.P. Dolgov // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2009. – № 12. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-povyshenii-dolgovechnosti-rolikov-lentochnykh-konveyerov-ne-traditsionnyy-podhod-k-probleme>. (In Russian).
4. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na rabotosposobnost' rolikoopor lentochnykh konveierov / E.YA. Shayakhmetov i dr. // Vestnik KaZNTU. – Almaty: 2015. – № 1(107). – S. 189-193. (In Russian).
5. Predvaritel'nyi pat. 7610 RK, MPK: B65G 39/00. Rolik konveiera / Temirtasov O.T., Shakhova S.S.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – Byul. № 6, 1999. (In Russian).
6. Predvaritel'nyi pat. 7756 RK, MPK: B65G 39/00. Rolik konveiera (varianty). Temirtasov O.T.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – Byul. № 7, 1999. (In Russian).
7. Predvaritel'nyi pat. 9718 RK, MPK: B65G 13/00. Gravitatsionnyi rolikovyi konveier / Bail'dinov E.T., Temirtasov O.T.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – Byul. № 12, 2000. (In Russian).
8. Predvaritel'nyi pat. № 20213 RK, MPK: B65G 47/52. Ustanovka dlya peregruzki trub / Asenov E.T., Temirtasov O.T.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – opubl.: 17.11.2008. (In Russian).
9. Predvaritel'nyi pat. № 19998 RK, MPK: B65G 15/00. Lentochnyi konveier Temirtasova / Temirtasov D.K., Temirtasov O.T.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – opubl.: 15.09.2008. (In Russian).
10. Pat. 21789 RK, MPK: V65G 15/00. Lentochnyi konveier / Temirtasov O.T. i dr.; patentoobladatel': Universitet im. Shakarima g. Semei. – opubl.: 15.10.2009, Byul. № 10. (In Russian).
11. Prospective design of conveyor rollers / B. Manezhanov et al // Research Journal of Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11. – P. 197-201. (In English).
12. Prediction of development prospects of roller support designs for conveyor systems / Y. Shayakhmetov et al // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 17. – R. 38110-38115. (In English).
13. Mendebaev T.M. Analiz neispravnostei rolikov lentochnykh konveierov v khode ehkspluatatsii na predpriyatiyakh vostochnogo Kazakhstana / T.M. Mendebaev, O.T. Temirtasov, E.YA. Shayakhmetov // Vestnik SGU. – 2015. – № 4(72). – S. 58-63. (In Russian).
14. Analiz konstruksii uplotnenii rolikov konveierov rabotayushchikh v usloviyakh zapylennoi sredy / E.YA. Shayakhmetov i dr. // Vestnik SGU imeni Shakarima. – 2015. – № 1(69). – S. 96-98. (In Russian).
15. Shakhmeister L.G. Veroyatnostnye metody rascheta transportiruyushchikh mashin / L.G. Shakhmeister, V.G. Dmitriev. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 256 s. (In Russian).
16. Ehlektronnyi resurs «Katalog podshipnikov SKF», d/115304/d/obshchiy katalog.chast1skf.pdf. (In Russian).
17. A novel spatio-temporal characteristic extraction network for bearing remaining useful life prediction / Li Jiang et al // Published 28 August 2024. Published by IOP Publishing Ltd. (In English). Measurement Science and Technology, Volume 35, № 11 Intelligent Maintenance, Diagnosis and Equipment Monitoring in Industry 4.0 era
18. Kapur K. Nadezhnost' i proektirovanie sistem/ Perevod s angl E.G. Kovalenko, pod red. I.A.Ushakova – M.: Izd. «MiR», 1980. – 598 s. (In Russian).

А.Б. Советканов, Е.Я. Шаяхметов*, Р.А. Советбаев

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВРАЩАЮЩИХСЯ УЗЛОВ КОНВЕЙЕРОВ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО РЕСУРСА

Целью работы является анализ различных методик расчета долговечности срока службы роликов ленточного конвейера и выбор оптимальной методики для определения реального срока службы ролика. Расчетный ресурс ролика зачастую сильно отличается от реального срока службы, поэтому определение реального срока службы является важной задачей. Расчет ролика ведется по наиболее часто выходящему из строя узлу в изделии – подшипниковому узлу. Проведен анализ расчета долговечности подшипниковых узлов по ISO 281:1990 и методике предложенной производителем подшипников SKF. Проведенный анализ методик расчета и литературы в данной области показал что современные подшипники соответствуют высоким стандартам и редко выходят из строя, основными причинами выхода из строя являются внешние условия, как высокая влажность, запыленность и др. т.е. желательна использование методик расчета учитывающих защищенность подшипникового узла. Известно, что невозможна монотонная, равномерная эксплуатация изделия без пиковых критических нагрузок и это также находит отражение при расчетах современных подшипников. Результатом анализа стал расчет ролика ленточного конвейера новой конструкции, которая предполагает увеличение срока службы изделия.

Областью применения результатов полученных авторами является совершенствование методики определения ресурса подшипников и определения срока службы роликов ленточных конвейеров работающих в сложных условиях эксплуатации. Результаты данной работы могут быть использованы при исследовании различного рода ленточных и роликовых конвейеров для повышения надежности и долговечности его узлов.

Ключевые слова: ролик конвейера, подшипник, подшипниковый узел, расчетный срок службы, ресурс изделия.

A. Sovetkanov, Y. Shayakhmetov*, R. Sovetbayev

Shakarim University of Semey city,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka street, 20 A

*e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru

ANALYSIS OF THE DURABILITY OF ROTATING CONVEYOR UNITS AND WAYS TO INCREASE ITS SERVICE LIFE

The purpose of the work is to analyse various methods of calculation of the durability of the roller life of belt conveyor rollers and to select the best methodology for determining the real life of the roller. The calculated life of the roller is often very different from the real life, so determining the real life of the roller is an important task. The calculation of the roller is carried out on the most frequently failing unit in the product – bearing unit. The calculation of bearing unit durability according to ISO 281:1990 and the methodology proposed by bearing manufacturer SKF has been analysed. The conducted analysis of calculation methods and literature in this area showed that modern bearings meet high standards and rarely fail, the main causes of failure are external conditions, such as high humidity, dust, etc. The main causes of failure are external conditions. I.e. it is desirable to use calculation methods that take into account the protection of the bearing unit. It is known that monotonous, uniform operation of the product without peak critical loads is impossible and this is also reflected in the calculations of modern bearings. The result of the analysis was the calculation of the belt conveyor roller of a new design, which implies an increase in the service life of the product.

The area of application of the results obtained by the authors is the improvement of the methodology for determining the life of bearings and determining the service life of belt conveyor rollers working in difficult operating conditions. The results of this work can be used in the study of various belt and roller conveyors to improve the reliability and durability of its components.

Key words: conveyor roller, bearing, bearing unit, estimated service life, product life.

Авторлар туралы мәліметтер

Ержан Ярнарович Шаяхметов* – PhD, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Аслан Бекжанович Советканов – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Раил Аянович Советбаев – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының меңгерушісі, оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Сведения об авторах

Ержан Ярнарович Шаяхметов* – PhD, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Аслан Бекжанович Советканов – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Раил Аянович Советбаев – магистр, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республики Казахстан; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Information about the authors

Yerzhan Shayakhmetov* – PhD, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaiakhmeterzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Aslan Sovetkanov – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Rail Sovetbayev – Master, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Редакцияға енуі 20.09.2024
Өңдеуден кейін түсуі 18.12.2024
Жариялауға қабылданды 23.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-8](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-8)



MPHTI: 65.13.13

М.К. Шаяхметова^{1*}, А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Г.Б. Абдилова¹, Н.К. Ибрагимов¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62
³Кемеровский государственный университет,
650000, Кемерово, Россия, ул. Красная, 6
*e-mail: madina07sh@mail.ru

РАСЧЕТ ШНЕКА-ПИТАТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ

Аннотация: В настоящее время в различных отраслях промышленности используют множество видов центробежного оборудования. В их числе: непрерывно действующие фильтровальные шнековые центрифуги, пульсирующие, инерционные, с вибрационной выгрузкой осадка и отстойно-шнековые центрифуги. Это – наиболее эффективное оборудование, используемое в пищевой и мясной промышленности и обеспечивающее высококачественное разделение жидких неоднородных систем [1].

В настоящее время научные исследования проводят только на центробежном оборудовании, работающем непрерывно шире. При этом, изучают технологическую и динамическую стороны процесса центрифугирования. Считается, что данных исследовательских работ недостаточно. Особенно это актуально для мясной промышленности, где процессы центрифугирования жидких систем недостаточно изучены. Это связано с тем, что мясопродукты представляют собой сложную коллоидно-дисперсную систему, состоящую из плотно прилегающей влаги и сухого остатка, обладающую большой адсорбционной способностью. Не в полной мере изучены качественные и количественные характеристики центрифугирования. Недостаточно уделялось внимание технологическим особенностям производства наряду с конструктивными особенностями оборудования.

В исследовательских работах геометрические размеры рассматриваются обобщенно и берутся на основе закономерностей среднего значения. Это не может в полной мере дать точное описание протекающего процесса. Данные факты свидетельствуют о том, что процесс разделения жидких неоднородных систем в центробежном оборудовании все еще требует большого количества исследований.

Ключевые слова: процесс, технология, центрифуга, шнек, прочность, коэффициент трения, шнековое устройство.

Введение

В ходе процесса шнек-питатель в постоянном режиме подаёт исходное жировое сырьё в центрифугу, в которой непрерывно происходит разделение среды на шквару и фугат с одновременным фильтрованием шквары. Шквара подаётся шнеком вертикально вверх и через патрубок поступает в выгрузочный бункер.

Одновременно необходимо контролировать стабильность оптимальной частоты вращения ротора барабана центрифуги. В то же самое время требуется поддерживать стабильность подачи выгрузочного шнека в соответствии с расчётными данными и регулировкой.

Таким образом, необходимым условием стабильной, синхронной работы установки является стабильная работа частотных регуляторов всех трёх электродвигателей приводов.

Наиболее простой способ – это применение элетродвигателей постоянного тока с использованием выпрямителей для переменного тока.

С целью дальнейшего совершенствования синхронности и устойчивости работы установки все регуляторы должны быть встроены в АСУ ТП.

Работа основана на опыте отечественных и зарубежных учёных.

Большой вклад в разработку теории и совершенствование конструкций пищевых центрифуг, технико-экономической оптимизацией работы последних внесли отечественные учёные: Г.М. Знаменский, В.И. Соколов, Е.В. Томбаев, С.М. Гребенюк, А.И. Пелеев, С.Г. Либерман, В.Г. Жуков, В.И. Аснера, Г.И. Бремера, В.А. Гельперина, И.А. Рогов, А.В. Горбатов, А.Н. Мачихин, М.Б. Азаров, У.Ч. Чоманов, Д.Т. Жайлаубаев, С.Н. Туменов, Е.С. Спандияров, А.Б. Оспанов, С.В. Федотов, А.Е. Еренгалиев, А.К. Какимов, А.Л. Касенов.

Следует отметить авторов конструкций горизонтальных шнековых центрифуг для разделения жира: Г.Е. Лимонов, В.А. Деханов (линия Я8-ФОВ-М); фильтрующих центрифуг для извлечения жира из измельчённой кости М.Л. Файвишевский, С.Г. Либерман, К.Д. Сеницын, В.П. Петровский (ФМД-802К-05 в линии Я8-ФЛК); М.Л. Файвишевский, Н.П. Кузьменко (интегральная обработка мякотного сырья на усовершенствованной машине Я8-ФИБ).

Материалы и методы исследования

Расчет шнека на прочность [2-4] проводим по формулам, предложенным К.П. Гуськовым.

Определяем угол подъема винтовой линии лопасти по среднему диаметру шнека:

$$R_{cp} = 0,5 \cdot \frac{D_1 + D_2}{2}$$

где: S – шаг винтовой лопасти шнека,

D_1 – внутренний диаметр шнека,

D_2 – наружный диаметр шнека,

R_{cp} – средний радиус шнека,

Определяем частоту вращения шнека:

$$n_{шн} = \frac{M_{шн}}{0,25 \cdot m \cdot k (R_2^2 - R_1^2) \left(S - \frac{b_1 + b_2}{2 \cos \alpha} \right) \rho_T \cdot K_n \cdot K_m \cdot K_c}$$

Данная величина корригирует с аналогичным значением, полученным выше в расчёте горизонтального шнека-питателя.

где: $M_{шн}$ – массовая часовая подача сырья шнеком,

m – число заходов шнека,;

k – количество шнеков ;

b_1 – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по внутреннему радиусу;

b_2 = ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по наружному радиусу;

K_n = коэффициент заполнения полости;

K_m = коэффициент, учитывающий пластическую деформацию;

K_c = коэффициент, учитывающий степень уменьшения подачи;

ρ = средняя плотность сырья.

R_1 – внутренний радиус шнека;

R_2 – наружный радиус шнека;

S – шаг винтовой лопасти шнека;

$\alpha = 41^\circ$ – угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека.

Сырье упруго-пластичная во время подачи центрифуги создает винт:

а) осевая непрерывная нагрузка с интенсивностью q , которая изменяется по длине винта в соответствии с линейным законом;

$$q_x = \frac{P_x}{l} \cdot \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} \cdot \varphi$$

где: P – давление подачи в шнеке;

l – рабочая длина шнека, равная $3S$;

α – угол подъема винта шнека;

R_1 и R_2 – внутренний и наружный радиусы шнека;

$\varphi = 2\pi/S$, потому что, когда точка движется по спиральной линии, угловое смещение точки 2π , соответствует ее осевому смещению, равному шагу S , а угловое смещение под углом φ соответствует смещению вдоль оси, равному x .

Внешние нагрузки, действующие на сырье и опорное оборудование, вызывают следующие виды деформации корпуса винта:

а) кручение от концентрированного крутящего момента, который представляет собой момент реакции на опоре шнека со стороны питающего отверстия, и непрерывного равномерного увеличения крутящего момента с интенсивностью m_x ;

б) продольный-поперечный изгиб, при котором продольная нагрузка, действующая на шнек, состоит из концентрированной силы, которая является реакцией неподвижной опоры, и постоянной осевой нагрузки, которая изменяется в соответствии с линейным законом.

Изгибающий момент винта вращается по внутреннему контуру, то есть на валу:

$$M_u = \frac{pD^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}};$$

Крутящий момент при 6 рабочих витках шнека:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot n \cdot p \cdot (D^3 - d^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cp};$$

Осевое усилие:

$$T = 0,392 \cdot n(D^2 - d^2)p, H$$

Нормальное и касательное напряжения вала:

$$\sigma_{сж} = T / F; Па$$

$$\tau = M_{кр} / W_p; Па$$

где: F – площадь сечения шнека, m^2 ;

W_p – полярный момент сопротивления поперечного сечения винта ротора, m^3 .

Эквивалентное напряжение:

$$\sigma_{эkv} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau^2}, МПа.$$

Последний виток шнека следует рассчитать на прочность.

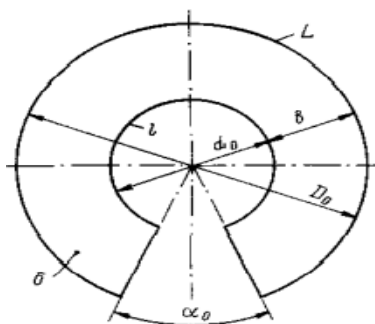


Рисунок 1 – Кольцо-заготовка витка шнека

Величина изгибающего момента для любого сечения лопасти :

$$M_z = \frac{p\varphi_1 x^2}{6R_1} (3R_2 - x), H \cdot m$$

где: x – расстояние от вершины лопасти до сечения, в котором определяется напряжения;

b – толщина лопасти шнека.

Результаты и обсуждение

Из опыта работы многих шнековых устройств известно, что под действием винтовой поверхности шнека, транспортируемый материал движется не параллельно оси, а винтообразно с переменной скоростью в осевом и радиальном направлениях в зависимости от расстояния частиц материала до оси шнека, от коэффициента трения и величины противодавления.

Так как углы подъема винтовых линий правильной винтовой поверхности шнека изменяются, увеличиваясь от периферии к центру шнека, то осевое перемещение частиц материала, расположенных в радиальном направлении, будет неодинаковым.

Заключение

Выполнена инженерная методика технологического расчёта центрифуги, работа которой наиболее эффективна в непрерывном режиме, что было установлено и показаны причины, расчет мощности шнекового питателя подачи сырья. Для оптимальной по синхронности и устойчивости работы установки в непрерывном режиме необходимо выполнение баланса по производительности всех трёх элементов блок-схемы.

Устойчивость и синхронность работы установки практически будет обеспечиваться контролем плавности загрузки жирового сырья и точности подач питательного шнека, стабилизацией числа оборотов привода последнего.

Список литературы

1. Milner D. Magma mixing and melting type continuous centrifugals / D. Milner // Sugar Journal. – 1991. – № 1116. – P. 256.
2. Castellano M.E. La centrifugación continua de masas cocidas comerciales / M.E. Castellano, P. Peres, J. Lodos // Cuba Azúcar. – 1989. – Enero-Marzo. – P. 49-56.
3. Cao W. Modeling Analytical Ultracentrifugation Experiments with an Adaptive Space-Time Finite Element Solution for Multicomponent Reacting Systems / W. Cao, B. Demeler // Biophysical Journal. – 2008. – Vol. 95. – P. 54-65.
4. Howlett G.J. Analytical Ultracentrifugation for the Study of Protein Association and Assembly / G.J. Howlett, A.P. Minton, G. Rivas // Current Opinion in Chemical Biology. – 2006. – Vol. 10. – P. 430-436.
5. Records A. Decanter Centrifuge Handbook / A. Records, K. Sutherland // Elsevier Science. – 2001.
6. Wallace Woon-Fong Leung, Industrial Centrifugation Technology. – McGraw-Hill Professional, 1998.
7. Dr.-Ing. A. Karolis Die Technologie der Vollmantel-Schneckenzenrifugen, Zentrifugen in der grosstechnischen Anwendung, 07-08/12/1999 Haus der Technik, Essen.
8. Sokolow J. Moderne Industriezentrifugen / J. Sokolow // VEB-Verlag Technik. – Berlin, 1971.
9. Decanter centrifuge technology: Alfa Laval Nils Schwarz, Selecting the right centrifuge – the jargon demystified.
10. Stephenson F.H. Centrifugation in Calculations for Molecular Biology and Biotechnology / F.H. Stephenson // Third Edition. – 2016. – P. 431-438.
11. Stephenson F.H. Centrifugation in Calculations for Molecular Biology and Biotechnology / F.H. Stephenson // Second Edition. – 2010.
12. Masoodi Kh.Z. Centrifugation in Advanced Methods in Molecular Biology and Biotechnology. – 2021
13. Zhou J.L. Centrifugation in Comprehensive Sampling and Sample Preparation. – 2012.
14. Abraham E. McAfee, Centrifugation in Mesenchymal Stromal Cells. – 2017.
15. TAw .G. Centrifugation in Comprehensive Sampling and Sample Preparation. – 2012.

М.К. Шаяхметова*, **А.Л. Касенов²**, **Б.А. Лобасенко³**, **Г.Б. Абдилова¹**, **Н.К. Ибрагимов¹**

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

³Кемерово мемлекеттік университеті,
650000, Кемерово, Ресей, Красная к-сі, 6
*e-mail: madina07sh@mail.ru

БЕРІКТІК ШНЕГІН ЕСЕПТЕУ

Қазіргі уақытта әртүрлі салаларда орталықтан тепкіш жабдықтардың көптеген түрлері қолданылады. Олардың ішінде: үздіксіз жұмыс істейтін сүзгі бұрандалы центрифугалар, пульсациялық, инерциялық, тұнбаны дірілдейтін түсіру және тұндыру бұрандалы центрифугалар.

Бұл тамақ және ет өнеркәсібінде қолданылатын және сұйық гетерогенді жүйелердің жоғары сапалы бөлінуін қамтамасыз ететін ең тиімді жабдық. Қазіргі уақытта ғылыми зерттеулер тек үздіксіз кеңірек жұмыс істейтін орталықтан тепкіш жабдықта жүргізіледі. Бұл ретте Центрифугалау процесінің технологиялық және динамикалық жақтарын зерттейді. Бұл зерттеу жұмыстары жеткіліксіз деп саналады. Бұл әсіресе сұйық жүйелерді центрифугалау процестері жақсы түсінілмеген ет өнеркәсібіне қатысты.

Себебі ет өнімдері-бұл үлкен адсорбциялық қабілеті бар тығыз ылғал мен құрғақ қалдықтардан тұратын күрделі коллоидты-дисперсті жүйе.

Центрифугалаудың сапалық және сандық сипаттамалары толық зерттелмеген. Жабдықтың дизайн ерекшеліктерімен қатар өндірістің технологиялық ерекшеліктеріне жеткілікті көңіл бөлінбеді. Зерттеу жұмыстарында геометриялық өлшемдер жалпыланған түрде қарастырылады және орташа заңдылықтар негізінде алынады. Бұл ағымдағы процестің толық сипаттамасын бере алмайды. Бұл фактілер орталықтан тепкіш жабдықта сұйық гетерогенді жүйелерді бөлу процесі әлі де көп зерттеуді қажет ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: процесс, технология, центрифуга, шнек, беріктік, үйкеліс коэффициенті, шнек құрылғысы.

M. Shayakhmetova*, A. Kasenov², B. Lobasenko³, G. Abdilova¹, N. Ibragimov¹

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A
²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62
³Kemerovo State University,
650000, Kemerovo, Russia, Krasnaya St., 6
*e-mail: madina07sh@mail.ru

CALCULATION OF THE STRENGTH AUGER

At present, many types of centrifugal equipment are used in various industries. Among them are: continuously working filter screw centrifuges, pulsating, inertial, vibrating sludge unloading and deposition screw centrifuges.

This is the most efficient equipment used in the food and meat industries and providing high-quality separation of liquid heterogeneous systems. At present, scientific research is carried out only on centrifugal equipment with continuous wider operation. At the same time, it studies the technological and dynamic aspects of the centrifugation process. This research work is considered insufficient. This is especially true for the meat industry, where the processes of centrifugation of liquid systems are not well understood.

This is because meat products are a complex colloidal-dispersed system consisting of dense moisture and dry residues with great adsorption capacity.

The qualitative and quantitative characteristics of centrifugation have not been fully studied. Along with the design features of the equipment, sufficient attention was not paid to the technological features of production. In research papers, geometric measurements are considered in a generalized form and are obtained on the basis of average patterns. This cannot provide a detailed description of the current process. These facts indicate that the process of separating liquid heterogeneous systems in Centrifugal equipment still requires a lot of research.

Key words: process, technology, centrifuge, Auger, strength, coefficient of friction, Auger device.

Сведения об авторах

Мадина Канатовна Шаяметова* – соискатель образовательной программы 8D07101 – «Технологические машины и оборудование»; Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина; Республика Казахстан; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленный дизайн», Кемеровский государственный университет, Россия; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Мадина Канатовна Шаяхметова* – 8D07101 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» білім беру бағдарламасының ізденушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Касенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, «Өнеркәсіптік дизайн» кафедрасының профессоры, Кемерово мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының меңгерушісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Information about the authors

Madina Shayakmetova* – 8D07101 – Co-applicant of the educational program «Technological Machines and Equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Amirzhan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of food and processing industries»; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Boris Lobasenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Industrial Design Department, Kemerovo State University, Russian Federation; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Galiya Abdilova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Technological Equipment», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Nadir Ibragimov – candidate of Technical Sciences, senior lecturer «Technological Equipment» Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Поступила в редакцию 03.12.2024

Поступила после доработки 19.12.2024

Принята к публикации 20.12.2024



А.Ж. Жасұлан*, А.Б. Шынарбек, К.Д. Орманбеков, Н. Серікбекұлы, Е.М. Мухаметов
Университет имени Шакарима города Семей, Инжиниринговый центр,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: ainur.zhassulan.99@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ТИТАНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация: *Микродуговое оксидирование является одним из перспективных методов обработки титана и его сплавов, применяемым для улучшения эксплуатационных характеристик деталей, используемых в машиностроении. Этот метод позволяет создавать на поверхности титана прочные оксидные покрытия, которые существенно улучшают трибологические, механические и коррозионные свойства материала. В данном исследовании были изучены титановые образцы, подвергнутые МДО в различных электролитах. Полученные результаты демонстрируют значительное увеличение износостойкости, микротвёрдости и коррозионной стойкости покрытий по сравнению с необработанными образцами. Например, после обработки методом МДО показатели микротвёрдости увеличились почти в два раза, а износостойкость возросла в несколько раз, что подтверждает высокую эффективность данной технологии для увеличения срока службы деталей, работающих в тяжёлых условиях эксплуатации. Кроме того, покрытие, полученное методом МДО, улучшает антикоррозионные свойства материала, что делает его пригодным для использования в агрессивных средах. Применение МДО в машиностроении способствует не только повышению надёжности оборудования, но и снижению затрат на его обслуживание и ремонт. Данный метод также может быть адаптирован для широкого применения в различных отраслях промышленности, таких как авиационная и автомобильная. В заключение можно отметить, что микродуговое оксидирование является эффективной технологией для повышения эксплуатационных характеристик титановых деталей, и его дальнейшее развитие будет способствовать созданию новых прочных и износостойких материалов для машиностроения.*

Ключевые слова: *микродуговое оксидирование, титан, износостойкость, микротвёрдость, коррозионная стойкость, машиностроение.*

Введение

Современное машиностроение сталкивается с проблемой увеличения сроков службы деталей и узлов, работающих в экстремальных условиях. Одним из перспективных материалов для применения в машиностроении является титан и его сплавы, которые обладают отличными механическими свойствами, низкой плотностью и высокой коррозионной стойкостью [1-5]. Однако, для улучшения поверхностных свойств титана, таких как твёрдость, износостойкость и коррозионная стойкость, требуется дополнительная обработка. Одним из таких методов является микродуговое оксидирование (МДО), которое позволяет формировать на поверхности титана прочные оксидные покрытия, обладающие улучшенными свойствами. Целью данного исследования является оценка влияния технологии МДО на эксплуатационные характеристики титановых деталей. Основное преимущество МДО титана заключается в значительном увеличении срока службы титановых деталей и снижении затрат на их эксплуатацию [6-8]. За счет возможности модификации покрытия в зависимости от требований эксплуатации, МДО становится универсальным методом для улучшения различных механических и химических характеристик. Применение микродугового оксидирования в машиностроении позволяет повысить надёжность оборудования, работающего в тяжелых условиях, а также снизить расходы на ремонт и техническое обслуживание [9-12]. В зарубежных исследованиях основное внимание уделяется оптимизации электролитного состава и режимов обработки для достижения наилучших характеристик покрытий. В отечественной практике приоритетное внимание уделяется снижению энергозатрат процесса и адаптации технологии к специфическим условиям эксплуатации. Сравнительный анализ отечественного и мирового опыта применения микродугового оксидирования показывает, что несмотря на общие принципы технологии, используемые параметры обработки, составы электролитов и подходы к

оптимизации покрытий могут существенно различаться. Например, зарубежные исследования часто фокусируются на формировании многослойных оксидных структур с заданными свойствами, в то время как отечественные разработки направлены на упрощение технологии и повышение её рентабельности. В перспективе технология микродугового оксидирования может стать стандартом для обработки титановых деталей в машиностроении, а также получить широкое распространение в других отраслях промышленности.

Методы исследования

Для проведения экспериментов использовались образцы из титана, которые подвергались микродуговому оксидированию в электролите с различными параметрами обработки, включая время, напряжение и состав электролита. Для исследования морфологии и микроструктуры покрытий, полученных методом микродугового оксидирования, использовали сканирующую электронную микроскопию (СЭМ). Шероховатость покрытий измеряли с помощью профилометра NY2300 Anytester. Определение твердости проводили с использованием измерительной системы FISCHERSCOPE HM2000 S в соответствии с требованиями стандарта DIN EN ISO 14577-1. Для испытаний выбрали нагрузку 300 мН. Первичную обработку результатов испытаний осуществляли с помощью программного обеспечения прибора WIN-HCU. В качестве индентора использовали четырехгранную алмазную пирамиду Виккерса с углом на плоскости 136°. Трибологические испытания проводились при следующих условиях: нагрузка до 3 Н, скорость – 2,5 см/с, радиус - 2 мм, радиус шара (контртело Si₃N₄). – 3 мм. Коррозионные испытания проводились потенциодинамическим методом с помощью одноканального потенциостата – гальваностата модели CS300M в 3,5% растворе NaCl при температуре ±25°C. В одной стеклянной ячейке сравнительный электрод (R) с известным постоянным потенциалом – хлорсеребряный электрод, заполненную раствором NaCl со значением pH6, на второй ячейке вспомогательный электрод (С) – платиновый электрод и рабочий электрод (W) – исследуемые образцы титана с покрытием и без покрытия с площадью поверхности 1 см².

Таблица 1 – Режимы МДО

Частота, Гц	Напряжение, В	Плотность тока, А/см ²	Время, сек	Длительность импульсов, мкс
100	300	0,13-0,17	600	100

В соответствии с объектом исследования были выбраны три разных состава электролита:

- № 1 – Na₂HPO₄ (6г), ГА (2г), KOH (2г);
- № 2 – H₃PO₄ (15%), ГА (2г), CaCO₃ (5г);
- № 3 – Na₃HPO₄ (5 г), ГА (3г), CaCO₃ (5г).

Результаты и обсуждение

Результаты трибологических тестов показали значительное снижение коэффициента трения (рис. 1) и увеличение износостойкости титановых образцов после обработки методом МДО по сравнению с необработанными образцами. На рисунке 1 представлена зависимость коэффициента трения от времени испытаний для исходного титана и образцов, обработанных методом МДО. Видно, что коэффициент трения у покрытых образцов значительно ниже, что свидетельствует о формировании на поверхности твердого и износостойкого слоя. Данные графика подтверждают, что обработка методом МДО значительно улучшает трибологические характеристики материала. Образцы, покрытые оксидным слоем, демонстрировали износостойкость, увеличенную в несколько раз, что делает их пригодными для использования в условиях высокой механической нагрузки.

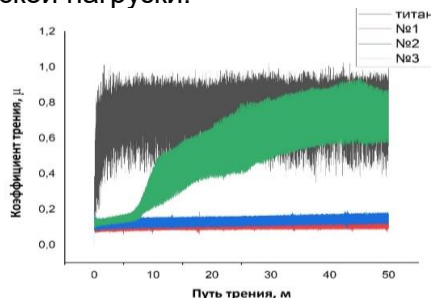


Рисунок 1 – Результаты трибологических испытаний

На рисунке 2 представлены микроструктурные изображения следов износа исходного титана и покрытых образцов после трибологических испытаний. Изображение (а) демонстрирует глубокий и широкий след износа для необработанного образца, что указывает на низкую износостойкость материала. В то же время изображения (б), (в) и (г) показывают значительно меньшую глубину износа, что подтверждает эффективность микродугового оксидирования в повышении устойчивости материала к механическим нагрузкам. Это демонстрирует, что покрытие МДО, очевидно, улучшает противоизносные свойства титанового сплава и обладает очень низким коэффициентом трения при испытании на скольжение. Повышение износостойкости обусловлено компактной микроструктурой и высокой твердостью оксиднокерамического покрытия. Для МДО-покрытий № 1, № 2 после испытания на скольжение след износа остается нечетким, что указывает на очень низкий уровень износа. Интенсивность изнашивания для исходного титана – 0,01674 мм³/м·Н, для МДО-покрытий: № 1 – 0,001925 мм³/м·Н, № 2 – 0,002317 мм³/м·Н, № 3 – 0,003724 мм³/м·Н.

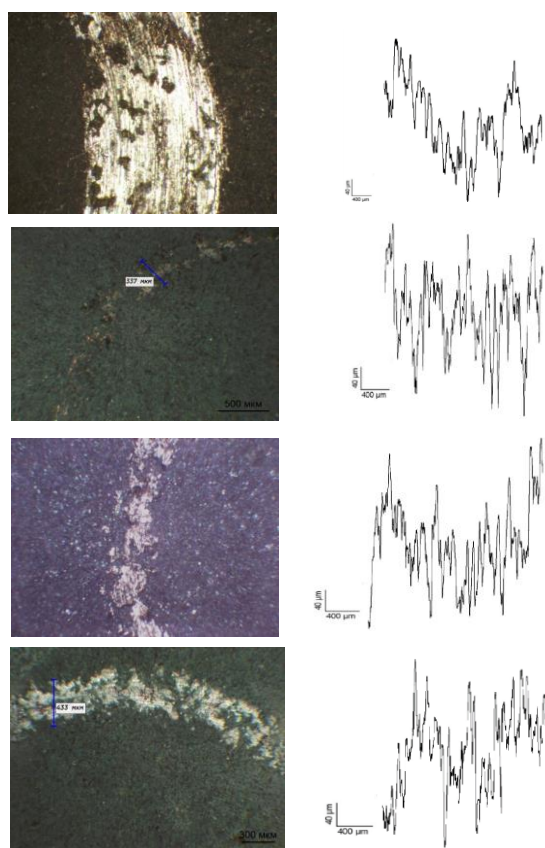


Рисунок 2 – Микрофотографии и профили поверхности следов износа после испытаний на скольжение:

а) титан (исходный); б) электролит № 1; в) электролит № 2; г) электролит № 3

Микротвёрдость покрытий также существенно возросла по сравнению с исходным титаном. Показатели микротвёрдости увеличились почти в 2 раза, что свидетельствует об образовании прочного и твёрдого оксидного слоя на поверхности. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Микротвердость образцов до и после МДО

Наименование	HV _{0,1}	H, МПа	E, МПа
Исходный титан	151,3±1,0	15,4±1,5	120,5±1,5
№1 Na ₂ HPO ₄ +ГА+KOH	327,8±2,8	33,4±1,2	153±2,2
№2 H ₃ PO ₄ +ГА+CaCO ₃	267,1±3,4	27,2±2,1	115,2±2,8
№3 Na ₃ HPO ₄ +ГА+CaCO ₃	291±1,3	26,7±1,1	132±1,9

Коррозионные исследования показали (рис. 3), что после МДО обработанные образцы проявляют значительно лучшую стойкость к коррозии, чем необработанные. Коррозионный

потенциал сдвинулся в сторону более положительных значений, а плотность коррозионного тока значительно снизилась, что свидетельствует о высоких антикоррозионных свойствах покрытия.

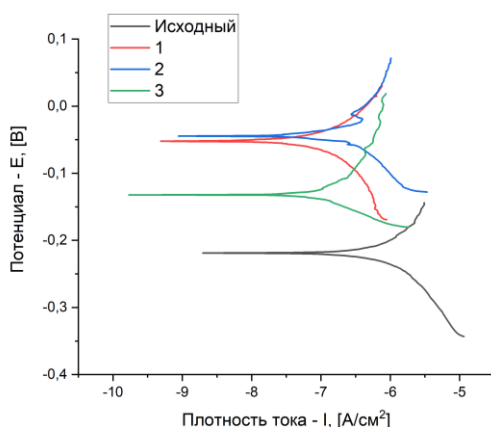


Рисунок 3 – Диаграмма результатов измерений электрохимической коррозии на образцах

Для анализа морфологии покрытия были проведены макро- и микроструктурные исследования обработанных образцов. На рисунке 4 представлены изображения поверхности титана после микродугового оксидирования. На рисунке 4 а показан макроснимок образца № 2 после МДО, который демонстрирует равномерное покрытие без видимых дефектов. Это свидетельствует о формировании плотного оксидного слоя, обладающего высокой адгезией к подложке. На рисунке 4 б представлена СЭМ поверхности покрытия при увеличении $\times 2500$. Видно, что покрытие имеет характерную пористую структуру, типичную для процессов микродугового оксидирования. Наблюдаются равномерно распределённые микропоры размером от нескольких сотен нанометров до нескольких микрометров. Такие поры образуются в результате плазменных разрядов, происходящих в процессе формирования покрытия. Подобная морфология способствует улучшению адгезии покрытия к подложке, а также положительно влияет на его износ- и коррозионную стойкость за счёт увеличения площади контакта и удержания смазочных материалов.

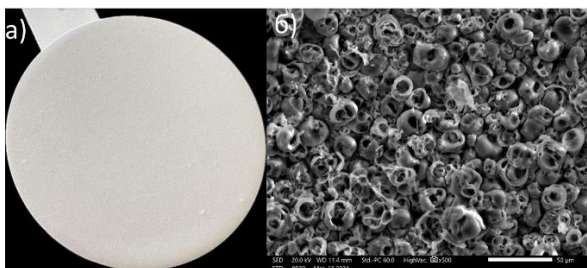


Рисунок 4 – Макро- и микроструктура поверхности образца № 2 после микродугового оксидирования

Заключение

Проведённые исследования подтверждают эффективность микродугового оксидирования как метода улучшения эксплуатационных характеристик титановых деталей для использования в машиностроении. Покрытия, полученные методом МДО, обладают высокой износостойкостью, повышенной микротвёрдостью и улучшенной коррозионной стойкостью, что значительно расширяет возможности применения титана в различных отраслях промышленности. В дальнейшем планируется исследование влияния различных параметров МДО на свойства покрытий для оптимизации технологии и повышения её эффективности.

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки МНУВО РК BR24992870 «Обеспечение устойчивого развития машиностроительной отрасли Казахстана на основе разработки, научного обоснования и реализации промышленных технологий инженерии поверхности».

Список литературы

1. Effect of different electrolytes in micro-arc oxidation on corrosion and tribological performance of 7075 aluminum alloy / X. Lv et al // Materials Research Express. – 2019. – Т. 6, № 8. – P. 086421.
2. Next-generation ecofriendly MR fluid: Hybrid GO/Fe₂O₃ encapsulated carbonyl iron microparticles with improved magnetorheological, tribological, and corrosion resistance properties / S. Kumar et al // Carbon. – 2023. – Т. 214. – P. 118331.
3. Influence of layer number and sintering temperature on microstructural, tribological, and corrosion behavior of Al₂O₃-TiO₂ multilayer coatings / F.S. Eraslan et al // Ceramics International. – 2023. – Т. 49, № 20. – P. 33226-33235.
4. Tribological and corrosion characteristics of tetra hybrid particulate-reinforced aluminum composites for aerospace and automotive applications / D.A. Ashebir et al // Journal of Composite Materials. – 2023. – Т. 57, № 28. – P. 4439-4461.
5. Improving tribological and corrosion resistance of Ti6Al4V alloy by hybrid microarc oxidation/enameling treatments / J. Jin et al // Rare Metals. – 2018. – Т. 37. – P. 26-34.
6. Tribological properties of microarc oxidation coatings on Zirlo alloy / K. Wei et al // Surface Engineering. – 2019. – Т. 35, № 8. – P. 692-700.
7. High temperature tribological behavior of microarc oxidation film on Ti-39Nb-6Zr alloy / L. Chen et al // Surface and Coatings Technology. – 2018. – Т. 347. – P. 29-37.
8. Preparation of ceramic coating on Ti substrate by plasma electrolytic oxidation in different electrolytes and evaluation of its corrosion resistance: Part II / M. Shokouhfar et al // Applied Surface Science. – 2012. – Т. 258, № 7. – P. 2416-2423.
9. Preparation of PEO ceramic coating on Ti alloy and its high temperature oxidation resistance / Y. Xu et al // Current Applied Physics. – 2010. – Т. 10, № 2. – P. 698-702.
10. Corrosion wear behaviors of micro-arc oxidation coating of Al₂O₃ on 2024Al in different aqueous environments at fretting contact / H.Y. Ding et al // Tribology International. – 2010. – Т. 43, № 5-6. – P. 868-875.
11. Investigation of tribological properties of micro-arc oxidation ceramic coating on Mg alloy under dry sliding condition / D. Zhang et al // Ceramics International. – 2018. – Т. 44, № 14. – P. 16164-16172.
12. Facile fabrication of continuous graphene nanolayer in epoxy coating towards efficient corrosion/wear protection / S. Song et al // Composites Communications. – 2023. – Т. 37. – P. 101437.

А.Ж. Жасұлан*, А.Б. Шынарбек, К.Д. Орманбеков, Н. Серікбекұлы, Е.М. Мухаметов

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Инженерлік орталық,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., көш. Глинка, 20 А

*e-mail: ainur.zhassulan.99@mail.ru

МАШИНА ЖАСАУЫНДА БӨЛШЕКТЕРДІҢ ӨНІМДІЛІК СИПАТТАМАЛАРЫН АРТТЫРУ ҮШІН ТИТАНДЫ МИКРОӨЗГЕ ТОТЫҚТЫРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Микродоғалық тотығу – машина жасауда қолданылатын бөлшектердің өнімділік сипаттамаларын жақсарту үшін қолданылатын титан мен оның қорытпаларын өңдеудің перспективалы әдістерінің бірі. Бұл әдіс титанның бетінде материалдың трибологиялық, механикалық және коррозияға қарсы қасиеттерін айтарлықтай жақсартатын төзімді оксидті жабындарды жасауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеуде әртүрлі электролиттерде МДТ әсерінен титан үлгілері зерттелді. Алынған нәтижелер өңделмеген үлгілермен салыстырғанда жабындардың тозуға төзімділігінің, микроқаттылығының және коррозияға төзімділігінің айтарлықтай артқанын көрсетеді. Мысалы, МДТ әдісімен өңдеуден кейін микроқаттылық көрсеткіштері екі есе дерлік өсті, ал тозуға төзімділік бірнеше есе артты, бұл ауыр жұмыс жағдайында жұмыс істейтін бөлшектердің қызмет ету мерзімін арттыру үшін осы технологияның жоғары тиімділігін растайды. Сонымен қатар, МДТ әдісімен алынған жабын материалдың коррозияға қарсы қасиеттерін жақсартады, бұл оны агрессивті ортада қолдануға жарамды етеді. Машина жасауда МДТ қолдану жабдықтың сенімділігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар оны ұстау мен жөндеуге кететін шығындарды азайтуға көмектеседі. Бұл әдісті авиация және автомобиль жасау сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолдану үшін де бейімдеуге болады. Қорытындылай келе, микродоғалық тотығу титан бөлшектерінің өнімділік сипаттамаларын жақсартудың тиімді технологиясы болып табылатынын және оны одан әрі дамыту машина жасау үшін жаңа берік және тозуға төзімді материалдарды жасауға ықпал ететінін атап өтуге болады.

Түйін сөздер: микродоғалық тотығу, титан, тозуға төзімділік, микроқаттылық, коррозияға төзімділік, машина жасау.

A. Zhassulan*, A. Shynarbek, K. Ormanbekov, N. Serikbekuly, E. Mukhametov

Semey Shakarim University, Engineering Center,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka St., 20A

*e-mail: ainur.zhassulan.99@mail.ru

APPLICATION OF TITANIUM MICRO-ARC OXIDATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MECHANICAL ENGINEERING PARTS

Microarc oxidation is one of the promising methods for processing titanium and its alloys, used to improve the performance characteristics of parts used in mechanical engineering. This method allows creating durable oxide coatings on the titanium surface, which significantly improve the tribological, mechanical and corrosion properties of the material. In this study, titanium samples subjected to MAO in various electrolytes were studied. The results demonstrate a significant increase in wear resistance, microhardness and corrosion resistance of the coatings compared to untreated samples. For example, after processing by the MAO method, the microhardness indicators increased almost twofold, and wear resistance increased several times, which confirms the high efficiency of this technology for increasing the service life of parts operating in severe operating conditions. In addition, the coating obtained by the MAO method improves the anti-corrosion properties of the material, which makes it suitable for use in aggressive environments. The use of MAO in mechanical engineering not only increases the reliability of equipment, but also reduces the cost of its maintenance and repair. This method can also be adapted for wide application in various industries, such as aviation and automotive. In conclusion, it can be noted that microarc oxidation is an effective technology for improving the performance characteristics of titanium parts, and its further development will contribute to the creation of new durable and wear-resistant materials for mechanical engineering.

Key words: microarc oxidation, titanium, wear resistance, microhardness, corrosion resistance, mechanical engineering.

Сведения об авторах

Айнұр Жасұланқызы Жасұлан* – докторант специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; старший научный сотрудник Инжинирингового центра; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – докторант специальности «Механика и металлообработка»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; ведущий научный сотрудник Инжинирингового центра; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Куаныш Даулетович Орманбеков – докторант специальности «Механика и металлообработка»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; ведущий научный сотрудник Инжинирингового центра; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6099-2812>.

Нұржан Серікбекұлы – магистрант специальности «Техническая физика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Елдос Мухтарович Мухаметов – и.о. заведующего кафедрой математики; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: eldos_sports@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Айнұр Жасұланқызы Жасұлан* – «Техникалық физика» мамандығының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Инженерлік орталықтың аға ғылыми қызметкері; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – «Механика және металл өңдеу» мамандығының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Инжиниринг орталықтың жетекші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Куаныш Даулетович Орманбеков – «Механика және металл өңдеу» мамандығының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Инжиниринг орталықтың жетекші ғылыми қызметкері; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6099-2812>.

Нұржан Серікбекұлы – «Техникалық физика» мамандығының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Елдос Мухтарович Мухаметов – Математика кафедрасының меңгерушісі м.а.; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Инженерлік орталықтың аға ғылыми қызметкері; e-mail: eldos_sports@mail.ru.

Information about the authors

Ainur Zhassulan* – PhD student in the specialty «Technical Physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Senior Researcher, Engineering Center; e-mail: ainur.99.99@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5887-0135>.

Aibek Shynarbek – PhD student in the specialty «Mechanics and Metalworking»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Leading Researcher of the Engineering Center; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Kuanysh Ormanbekov – PhD student in the specialty «Mechanics and Metalworking»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Leading Researcher of the Engineering Center; e-mail: ormanbekov_k@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6099-2812>.

Nurzhan Serikbekuly – postgraduate student of the specialty «Technical Physics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: nurzhan.serikbek@gmail.com.

Eldos Mukhametov – Head of the Department of Mathematics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: eldos_sports@mail.ru.

Поступила в редакцию 17.01.2025

Поступила после доработки 13.02.2025

Принята к публикации 14.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-10](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-10)

IRSTI 55.33.41



A.D. Suleimenov¹, S.R. Baigereyev², G.A. Guryanov²

¹Toraigyrov University,

140008, Kazakhstan, Pavlodar, Lomov str., 64

²D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,

070003, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 19

*e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz

PRECONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW MILL DESIGN WITH A V-SHAPED CHAMBER

Abstract: *The grinding process plays a crucial role in various industries, including mining, cement, chemical, and food production. Despite technological advancements, existing milling technologies often face challenges related to energy consumption, component wear, and process control complexity. This study explores innovative approaches to improve mill designs, focusing on vibratory and ball mills with novel structural enhancements.*

A patent-based review was conducted to analyze different technical solutions aimed at optimizing grinding efficiency. A key innovation discussed is the introduction of an inclined-angle grinding chamber, which facilitates complex motion of grinding bodies, increasing impact directions on material particles. Additionally, vibratory mills with independent unbalanced drives were examined for their ability to enhance grinding chamber oscillations and increase productivity. However, these designs do not ensure counter-motion of grinding bodies, which is critical for maximizing impact energy.

To address this gap, a new mill design is proposed, featuring a V-shaped grinding chamber combined with a vibration drive to induce counter-collision of grinding balls. This configuration significantly enhances impact energy and grinding efficiency. The proposed solution integrates all effective grinding principles, offering a novel approach to achieving superior material processing performance. Further experimental validation is recommended to confirm its advantages over existing designs.

Key words: *mill, grinding process, grinding balls, patent analysis, grinding efficiency.*

Introduction

The grinding process is a key stage in many industries, such as mining, cement, chemical, and food production [1]. The efficiency of milling directly impacts productivity, cost-effectiveness, and the quality of the final product. However, despite technological advancements, existing mill designs often fail to deliver maximum efficiency due to limitations in energy consumption, wear of components, and complexity in process control. Therefore, the improvement of mill designs has become an important area of research and engineering development. Enhancing milling

technologies opens up opportunities for reducing costs, increasing productivity, and achieving optimal grinding characteristics, which is crucial for most industries [2].

Materials and methods

To study the practical approaches and directions for improving the designs of mills (grinders) with grinding bodies (balls), various technical solutions of ball and vibratory mills (grinders) were analyzed based on patent analysis and review.

Figure 1 presents one of the options for improving ball mills. The distinctive feature of this design is the introduction of an additional angular parameter between the longitudinal axis of the grinding chamber and the horizontal plane [3].

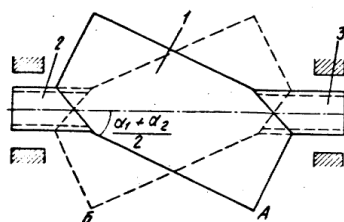


Figure 1 – Ball mill with an inclined-angle chamber
1 – chamber; 2 – shaft; 3 – base

In this design, due to the ability of grinding balls and material particles to move in the longitudinal direction, a complex motion of the load (i.e., grinding balls and material particles) is ensured. Compared to a classical ball mill, this ball mill with an inclined-angle chamber allows for additional longitudinal movement of the load. As a result, the number of impact directions on the material particles by the grinding balls increases.

This mill design ensures a complex rotary motion of the working body. Due to this, the grinding balls perform a longitudinal-transverse movement without using a vibratory drive. The effect of breaking down the coarse material particles is impact-abrasion [4].

Figure 2 shows a structural diagram and an A-A cross-section of a mill (grinder) with an inclined-angle grinding chamber viewed from the side. The grinding chamber (1) and the vibrator (2) are mounted on the frame via springs (4). The unbalanced vibrator (2) is set into rotational motion by a motor (5) through a coupling (6). The grinding chamber (1), installed at an inclined angle with a slotted lower partition (7), is filled with grinding balls (8) up to 70-80% of its total volume. Inside the grinding chamber (1), a ribbed scraper (9) in the form of a rectangular blade is installed.

The scraper (9) is mounted on the upper cover (14) of the chamber and the partition (7) and can rotate around the central axis (10) via bearings formed by a hub (11) and trunnions (12) of the support shaft (13). During operation, the material loaded into the chamber and the grinding balls are in a vibratory-circulatory motion. This promotes mixing of the grinding balls and ensures material grinding (crushing). The crushed material particles exit through the slots in the partition (7).

When processing wet or sticky materials, adhering material lumps are scraped off the chamber walls by the scraper, which rotates slowly around axis (10) under load pressure. This increases the efficiency of processing sticky materials and reduces costs associated with the pre-drying of wet materials [5].

The unique feature of this mill (grinder) compared to other designs is the inclined shape of the grinding chamber, which increases the speed of material passage through the mill (grinder) [5].

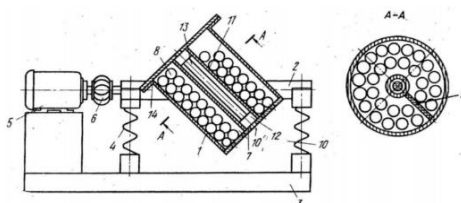


Figure 2 – Vibratory mill with an inclined grinding chamber

In this design, the vibratory-rotary motion of the grinding balls is ensured. The vibratory motion is generated by the vibratory drive, while the rotary motion is facilitated by the scraper. The fragmentation (destruction) effect on the material particles being ground (crushed) is impact-abrasion. The unidirectional movement of the grinding balls is ensured.

The next technical solution is a vibratory mill consisting of a housing (1), which includes a grinding chamber (2) with grinding balls (3), connected to a stationary base (5) through elastic elements (4). This design features two independent unbalanced vibratory drives (Figure 3a).

Each unbalanced vibratory drive is designed as a driven shaft with an individual rotational drive, allowing for independent variation of angular velocity and rotation direction of the drive shaft and unbalanced masses (6). The grinding chamber includes a filling opening (7) for loading the material to be ground (crushed) and a discharge opening (8) for extracting the ground (crushed) product [6, 7].

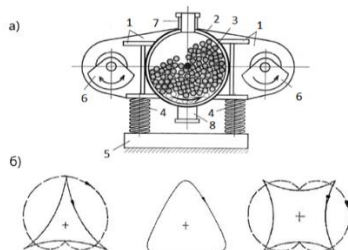


Figure 3 – a) Vibratory mill with two independent unbalanced drives;
b) Trajectories of the biharmonic oscillations of the grinding chamber

The vibratory mill increases productivity by applying two different rotational vibratory effects to the grinding chamber. This solution ensures operation with large amplitudes and frequencies without exceeding the reasonable limit values of mechanical acceleration [4].

By selecting different relationships between angular velocity, centrifugal excitation forces, and the rotation directions of the drive shafts, various vibration trajectories can be obtained. The transformation of non-uniform fields of biharmonic oscillations in the grinding chamber (Figure 3b) enhances the productivity of the vibratory mill [6].

By achieving different oscillation trajectories of the grinding chamber, the load (grinding balls and material particles) exhibits complex motion. This increases the abrasion effect on the material being ground. However, due to the limited increase in the velocity of the grinding balls, the impact effect is relatively low. Additionally, since the grinding chamber does not rotate, the movement of the material is restricted, and counter-motion between the grinding balls and the material is not ensured in this design.

The next design, which increases the intensity of the grinding ball movement, is the vibratory-rotary ball mill developed by Tambov State Technical University for fine grinding (Figure 4). To implement a continuous grinding process, the vibratory-rotary mill is designed with a special loading unit that ensures continuous filling of the grinding chamber with the grinding material.

The vibratory-rotary mill consists of a cylindrical drum (5), which rotates via a motor (1) using a special coupling (2). As the drum rotates, the balls roll and, due to friction forces, rise to a certain height before falling. This results in the grinding (crushing) of material particles between the balls and the drum wall.

The grinding drum is mounted on a movable base (9) and supported by bearing supports (3) and (6). The movable base (9) receives force from a planar vibrator (11) with two unbalanced shafts, connected via springs (10). The drum (5) is divided into grinding chambers by vertical perforated partitions. Each chamber contains grinding balls of different sizes.

An external hatch is provided to ensure the optimal filling level of grinding balls (in this case, 0.8). The raw material is loaded into the chamber through the inlet hopper (7). The material is fed into the mill through an inlet opening (8) located in the end cap above the drum axis. Additionally, the drum includes a perforated section (4) for discharging the final product [8].

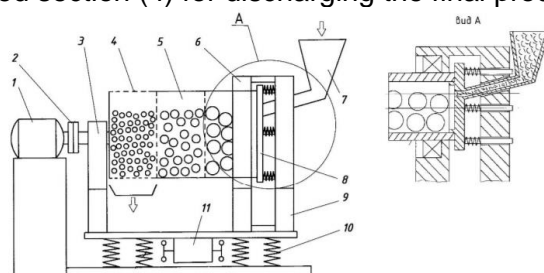


Figure 4 – Vibratory-rotary mill of Tambov State Technical University

In the vibratory-rotary mill developed by Tambov State Technical University, the empty spaces within the grinding chamber are significantly reduced. This is achieved through a more uniform distribution of the material being ground (crushed) throughout the entire drum volume, ensuring more efficient utilization of the working chamber. However, the complex design of the loading unit does not provide high sealing efficiency during grinding (crushing).

As a result, this mill (grinder) is not suitable for wet grinding (crushing), grinding (crushing) in a gaseous medium, or processing explosive materials.

Compared to the previously mentioned designs, this mill (grinder) ensures that the working body performs both vibratory and rotary motions simultaneously. This allows for a complex movement of the grinding balls and material. Additionally, the material particles are subjected to impact-abrasion effects. However, counter-motion between the grinding balls and the material is not ensured in this design.

An improved version of these designs is shown in Figure 5 [9].

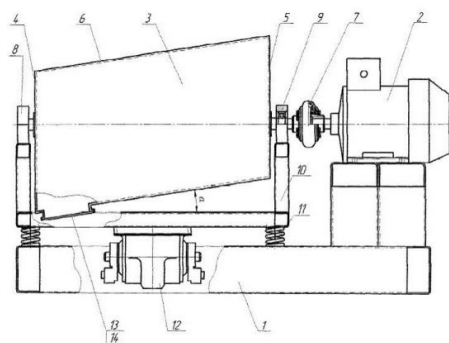


Figure 5 – Vibratory-Rotary Ball Mill with an Inclined Chamber

The mill (grinder) consists of a fixed frame with a drive (2), which is installed on an inclined cylindrical grinding chamber (3). The grinding chamber has end surfaces (4, 5) and a side cylindrical surface (6). The drive (2) rotates the grinding chamber along its transverse axis through a flexible coupling (7).

The grinding chamber (3), which has an inclined cylindrical shape, is mounted on bearing supports (8, 9) as part of a movable frame (10). This movable frame is connected to the fixed frame (1) through vibration isolators (springs) (11). The inclined cylinder's end surfaces (4, 5) are perpendicular to the chamber's rotation axis, while the side cylindrical surface (6) is positioned at an angle to the horizontal plane of the movable frame (10). A vibratory drive (12) is installed on the lower part of the movable frame (10), providing oscillatory displacement to the rotating chamber.

At the bottom of the chamber's cylindrical surface, an inlet-outlet hatch (13) with a removable grate (14) is placed for discharging the ground material [9].

In this design, the moving grinding balls simultaneously undergo translational, rotational, and oscillatory movements in all three planes, creating complex trajectories. As a result, grinding efficiency increases, which is reflected in the improved grinding fineness and a higher specific surface area of the material [10].

A key drawback of this mill is that at high rotation speeds, the longitudinal displacement speed of the material decreases. Consequently, the dynamic component of the grinding process—characterized by impact and abrasion forces along the longitudinal direction—reduces, leading to a lower overall grinding efficiency.

By comparing this mill (grinder) with previously reviewed designs and effective grinding process organization methods, it was determined that this design incorporates all the major advantages except for the counter-motion of grinding balls [4].

Results and discussion

As in the previous section, a comparative analysis was conducted for each fine grinding mill (grinder) considered during the patent review. The results of this analysis are presented in Table 1, which evaluates the designs based on effective grinding (crushing) process organization methods.

Table 1 – The results of comparative analysis of different mill designs

№	Mill type	A set of effective methods for organizing the grinding (crushing) process					
		Method 1	Method 2	Method 3	Method 4	Method 5	Method 6
		Rotary-vibratory movement of working bodies	Mechanical energy transfer	Use of grinding bodies (balls)	Applying a shock-abrasive effect to the grinding material	Counter-movement of grinding bodies (balls) and material	Longitudinal-horizontal movement of grinding bodies (balls)
1	Ball mill with tilting chamber (USSR certificate No. 1827288)	-	+	+	+	-	+
2	Vibrating mill with inclined chamber (USSR patent No. 1243818)	-	+	+	+	-	+
3	Vibrating mill with two independent unbalanced drives (RF patent No. 2501608)	-	+	+	+	-	-
4	TSTU vibrating-rotary mill (RF patent No. 2147931)	+	+	+	+	-	+
5	Vibro-rotary ball mill with a tilting chamber (RF patent No. 105199)	+	+	+	+	-	+

From the Table 1, the first and second mill (grinder) designs correspond to the first, third, fourth, and sixth effective methods of organizing the grinding (crushing) process. The third mill (grinder) design corresponds to the second, third, and fourth methods. Meanwhile, the fourth and fifth mill (grinder) designs comply with the first, second, third, fourth, and sixth methods of organizing the grinding (crushing) process.

However, none of the above-mentioned mill (grinder) designs implement the fifth method which is the counter-motion of grinding balls and material particles.

Based on the results of the conducted analysis, it is concluded that the improvement of the fine grinding (crushing) process should be based on adhering to the previously mentioned conditions for organizing the grinding (crushing) process (methods № 1, 2, 3, 4, and 6) while also ensuring the counter-collision of grinding balls (method № 5).

To implement this principle, a new mill (grinder) design must be developed. As a prototype for the new design, the vibratory-rotary ball mill with an inclined chamber [9] is selected.

The analysis of the existing mill (grinder) designs has shown that a promising principle for improving mills (grinders) is to ensure the counter-motion of grinding balls. The schematic representation of this principle is shown in Figure 6.

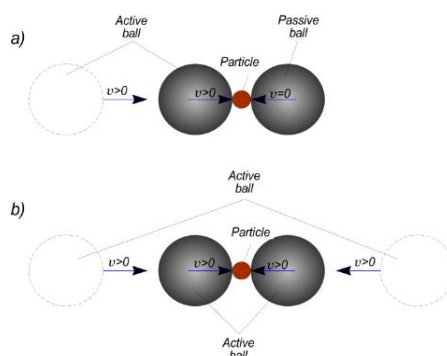


Figure 6 – The principle of grinding process in the proposed design of mill

To implement the proposed principle and verify its effectiveness, a mill design was developed, consisting of a V-shaped grinding chamber, grinding balls, an electric motor for rotating the chamber, and a vibration drive (Figure 7).

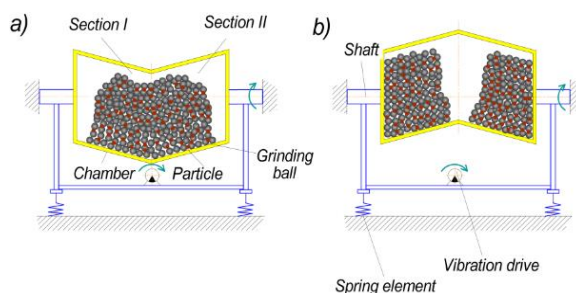


Figure 7 – Schemes of the mill (grinder) design for implementing the new grinding (crushing) principle

- a) The position of the chamber at the moment of the counter-collision of grinding balls;
 b) The position of the chamber before the counter-collision of grinding balls.

The V-shaped design of the chamber allows for the distribution of grinding balls into two sections (1st section and 2nd section) in the grinding chamber (Figure 7). According to Figure 7a, with the chamber's position, the inclination angle of the section relative to the horizontal axis ensures longitudinal displacement (along the casing). This leads to the counter-collision of the grinding balls and allows for a two-sided impact on the particle. In the case of the chamber's position shown in Figure 7b, the grinding balls roll toward the side wall of the chamber during longitudinal displacement. In this case, a one-sided impact on the coarse particle occurs when colliding with the side wall. To increase the counter-movement speed of the grinding balls, the mill (grinder) design (Figure 7) includes a vibration drive that provides a progressive-reciprocal motion of the chamber in the vertical direction. The increased counter-movement speed of the grinding balls is achieved by projecting the vertical speed of the ball's oscillation onto the inclined line of the ball's movement [11].

Conclusion

Thus, based on the results of analysis of mill designs, the following conclusions can be drawn which are:

1. It has been established that in the classic designs of ball, bead, and vibration mills, the following effective grinding methods are not implemented: combined rotational-vibrational movements of the working bodies, counter-motion of grinding bodies and material, and longitudinal-transverse movement of grinding bodies.
2. It has been established that in the designs of ball and vibration mills, as per patent analysis, all the main methods of effective grinding are implemented, except for the method of counter-motion of grinding bodies and material.
3. A promising direction for improving ball mills is the organization of the movement of grinding balls not in the transverse direction, but in the longitudinal direction, as the intensification of radial movement of grinding bodies is limited by the so-called critical rotational speed of the drum, at which the grinding efficiency sharply decreases.
4. An idea for a grinding principle has been proposed, according to which the increase in grinding efficiency of material particles by grinding balls lies in ensuring the increase of the total impact velocity, and thus the total grinding energy, through the organization of bidirectional (counter) impact of grinding balls on the material particle according to the "active ball - active ball" scheme.
5. A fundamental design solution for a new grinder has been proposed, which, first, implements all the aforementioned methods for ensuring an effective grinding process, and second, differs from existing grinders by implementing the proposed grinding principle, i.e., ensuring bidirectional (counter) impact of grinding balls on the material particle, which should further enhance the grinding efficiency.

References

1. Effect of grinding media properties and stirrer tip speed on the grinding efficiency of a stirred mill / W. Guo et al // Powder Technology. – 2021. – № 382. – R. 556-565. (In English).
2. Genç Ö. Analysis of grinding media effect on specific breakage rate function of particles in a full-scale open circuit three-compartment cement ball mill / Ö. Genç // Minerals Engineering. – 2015. – № 81. – R.10-17. (In English).

3. A.s. 1827288.Sharovaya mel'nitsa / E.D. Larionov, N.A. Borodin, A.A. Dolgikh; opubl. 15.07.93, Byul. № 26. – 2 s. (In Russian).
4. Suleimenov A.D. Analysis of constructions of milling machines for fine grinding / A.D. Suleimenov, K.S. Bekbolatov, T.M. Kумыkova // Tvorchestvo molodykh – innovatsionnomu razvitiyu Kazakhstana: Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, magistrantov i molodykh uchenykh. – Ust'-Kamenogorsk: VKGTU, 2017. – S. 219-223. (In Russian).
5. Pat. 1243818 SSSR, MPK 4V02S19/16. Vibratsionnaya mel'nitsa / N.G. Kartavyi, YU.S. Tsyplakov, V.P. Krasovskii, V.A. Balayan, V.V. Bedim; zayavitel' i patentoobladatel' Moskovskii ordena trudovogo krasnogo znamenii gornyi institut. – № 481311; zayavl. 28.06.83; opubl. 15.07.1986, Byul. № 26. – 2 s. (In Russian).
6. Pat. 2501608 Rossiiskaya Federatsiya, MPK V02S19/00. Vibratsionnaya mel'nitsa / S.L. Bukin, A.S. Bukin // № 2012104105/13; zayavl. 06.02.2012., opubl. 20.12.2013, Byul. № 35. – 14 s. (In Russian).
7. Bukin S.L. Svrnvenie rezul'tatov protsessa izmel'cheniya v vibratsionnoi mel'nitse s garmonicheskimi i bigarmonicheskimi rezhimami raboty / S.L. Bukin, P.V. Sergeev, A.S. Bukina // Kachestvo mineral'nogo syr'ya: sb. nauch. tr. – Krivoi Rog: Akad. gornykh nauk Ukrainy Krivorozhskii tekhn. un-t, GAK «Ukrudprom», 2014. – S. 149-159. (In Russian).
8. Pat. 2147931 Rossiiskaya Federatsiya, MPK V02S17/06. Vibrovrashchatel'naya sharovaya mel'nitsa / Chainikov N.A., Mozzhukhin A.B., Zharikov V.V., zayavitel' ipatentoobladatel' Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet. – № 98108314/03; zayavl. 28.04.1998; opubl. 27.04.2000. – 7 s. (In Russian).
9. Pat. 105199 Rossiiskaya Federatsiya, MPK V02S17/06. Vibrovrashchatel'naya mel'nitsa / Gavrunov A.YU., Bogdanov V.S., zayavitel' ipatentoobladatel' Belg. gosud. tekhnol. un-t im. V.G. Shukhova – № 2010152390/21; zayavl. 21.10.2010; opubl. 10.06.2011, Byul. № 16. – 10 s. (In Russian).
10. Gavrunov A.YU. Vibrovrashchatel'naya mel'nitsa s prodol'no-poperechnym dvizheniem melyushchikh tel / A.YU. Gavrunov, V.S. Bogdanov // Vestnik TGTU. – 2013. – T. 19, № 4. – S. 864-869. (In Russian).
11. New Method for Materials Comminution Using Grinding Balls / S. Baigereyev et al // International Review of Mechanical Engineering. – 2023. – Vol. 17, Iss. 2. – R. 71-79. (In English).

А.Д. Сулейменов¹, С.Р. Байгереев², Г.А. Гурьянов²

¹Торайғыров университеті,

140008, Қазақстан, Павлодар, Ломов к., 64

²Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,

070000, Қазақстан, Өскемен, Серікбаев к., 19

*e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz

V-ТӘРІЗДІ КАМЕРАСЫ БАР ЖАҢА ДИІРМЕН ҚҰРЫЛЫМЫН ӨЗІРЛЕУДІҢ АЛҒЫШАРТТАРЫ

Ұнтақтау процесі тау-кен, химия және азық-түлік өндірісі сияқты түрлі салаларда маңызды рөл атқарады. Технологиялық жетістіктерге қарамастан, қолданыстағы ұнтақтау технологиялары көбінесе энергия тұтыну, компоненттердің тозуы және процесі басқарудың күрделілігі сияқты қиындықтарға тап болады. Бұл зерттеу диірмендердің құрылымдық жетілдірулеріне бағытталған инновациялық тәсілдерді қарастырады, атап айтқанда, вибрациялық және шарлы диірмендерді талдайды.

Патенттік шолу арқылы ұнтақтау тиімділігін арттыруға бағытталған әртүрлі техникалық шешімдер талданды. Негізгі инновациялардың бірі – ұнтақтау камерасын көлбеу бұрышпен орналастыру, бұл ұнтақтау денелерінің күрделі қозғалысын қамтамасыз етіп, материал бөлшектеріне әсер ететін бағыттардың санын арттырады. Сонымен қатар, тәуелсіз теңгерілмеген жетектері бар вибрациялық диірмендер зерттеліп, олардың ұнтақтау камерасының тербелісін күшейту және өнімділікті арттыру қабілеті анықталды. Алайда, бұл құрылымдар ұнтақтау денелерінің қарсы қозғалысын қамтамасыз етпейді, ал бұл соққы энергиясын барынша арттыру үшін өте маңызды.

Осы олқылықтың орнын толтыру үшін V-тәрізді ұнтақтау камерасы мен шарлардың қарама-қарсы соқтығысуын тудыратын вибрациялық жетек элементі бар жаңа диірмен дизайны ұсынылды. Бұл конфигурация соққы энергиясын және ұнтақтау тиімділігін айтарлықтай арттырады. Ұсынылған шешім барлық тиімді ұнтақтау қағидаттарын біріктіріп, материалды өңдеудің жоғары өнімділігіне жетудің жаңа тәсілін ұсынады. Оның қолданыстағы конструкциялардан артықшылығын растау үшін қосымша эксперименттік зерттеулер жүргізу ұсынылады.

Түйін сөздер: *диірмен, ұнтақтау процесі, ұнтақтау шарлары, патенттік талдау, ұнтақтау тиімділігі.*

А.Д. Сулейменов¹, С.Р. Байгереев², Г.А. Гурьянов²

¹Торайгыров университет,

140008, Қазақстан, Павлодар, ул. Ломова, 64

²Восточно-Казakhstanский технический университет им. Д. Серикбаева,
070003, Қазақстан, Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19

*e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ МЕЛЬНИЦЫ С V-ОБРАЗНОЙ КАМЕРОЙ

Процесс измельчения играет важную роль в различных отраслях, включая горнодобывающую, химическую и пищевую промышленность. Несмотря на технологические достижения, существующие технологии помола часто сталкиваются с проблемами, связанными с энергопотреблением, износом компонентов и сложностью управления процессом. В данном исследовании рассматриваются инновационные подходы к совершенствованию конструкции мельницы, в частности вибрационных и шаровых мельниц с новыми конструктивными улучшениями.

Был проведен патентный обзор для анализа различных технических решений, направленных на оптимизацию эффективности измельчения. Одним из ключевых нововведений является введение помольной камеры с наклонным углом, что способствует сложному движению измельчающих тел и увеличению направленности удара по частицам материала. Кроме того, исследованы вибрационные мельницы с независимыми несбалансированными приводами, которые способны усиливать колебания помольной камеры и повышать производительность. Однако данные конструкции не обеспечивают встречного движения измельчающих тел, что критически важно для максимального увеличения энергии удара.

Для устранения этого недостатка предложена новая конструкция мельницы, включающая V-образную помольную камеру, совмещенную с вибрационным приводом, создающим встречные столкновения шаров. Такая конфигурация значительно повышает энергию удара и эффективность измельчения. Предложенное решение объединяет все эффективные принципы измельчения, представляя собой новый подход к достижению высокой производительности обработки материалов. Рекомендуется дополнительная экспериментальная проверка для подтверждения его преимуществ перед существующими конструкциями.

Ключевые слова: *мельница, процесс измельчения, измельчающие шары, патентный анализ, эффективность измельчения.*

Information about the authors

Ansagan Suleimenov – PhD, Associate Professor at the Faculty of Engineering, Toraygyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan; e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9319-0285>.

Samat Baigereyev* – PhD, Associate Professor at the International School of Engineering, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk; e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-5457>.

Georgiy Guryanov – Candidate of Technical Sciences, Professor at the International School of Engineering, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk; e-mail: gguryanov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3657-3735>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ансаган Дюсембаевич Сулейменов – PhD докторы, Торайгыров Университетінің инженерия факультетінің қауымдастырылған профессоры, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9319-0285>.

Самат Рақимғалиевич Байгереев* – PhD докторы, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ Халықаралық инженерия мектебінің қауымдастырылған профессоры, Өскемен қ.; e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-5457>.

Георгий Александрович Гурьянов – техника ғылымдарының кандидаты, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ Халықаралық инженерия мектебінің профессоры, Өскемен қ.; e-mail: gguryanov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3657-3735>.

Сведения об авторах

Ансаган Дюсембаевич Сулейменов – доктор PhD, ассоциированный профессор факультета инженерии, Торайгыров Университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан; e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9319-0285>.

Самат Рахимгалиевич Байгереев* – доктор PhD, ассоциированный профессор Международной школы инженерии ВКТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск; e-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-5457>.

Георгий Александрович Гурьянов – к.т.н., профессор Международной школы инженерии ВКТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск; e-mail: gguryanov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3657-3735>.

Received 04.02.2025

Revised 05.03.2025

Accepted 06.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-11)



МРНТИ: 81.93.29.

А.Р. Шалгынбаева

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва
010000, Республика Казахстан, г. Астана, Пушкина 11.

*e-mail: kaminariari16@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ КРИМИНАЛИСТИКИ: ENCASE И FTK IMAGER

Аннотация: Дисковая форензика является важной областью информационной безопасности, направленной на исследование цифровых носителей с целью выявления, восстановления и анализа данных, имеющих значение в контексте расследований. В данной работе проводится исследование функциональности и производительности современных инструментов для анализа дисковой форензики. Основной акцент сделан на сравнении возможностей таких программ, как EnCase и FTK Imager, применяемых в данной сфере.

В процессе исследования выполнен обзор существующих методов и технологий, лежащих в основе работы форензических инструментов, включая поиск удалённых файлов, восстановление файловых систем, анализ метаданных и выявление артефактов, указывающих на следы активности пользователей. Помимо функциональных возможностей, проводится анализ производительности программного обеспечения, включая скорость обработки данных, объем поддерживаемых форматов файлов и эффективность работы с большими объёмами информации.

Особое внимание уделено критериям оценки качества инструментов, таких как точность восстановления данных, пользовательский интерфейс и поддержка автоматизации задач.

Результаты исследования могут быть полезны для профессионалов в области кибербезопасности, судебной экспертизы и ИТ-администрирования, а также для студентов и исследователей, изучающих цифровую криминалистику. Работа направлена на расширение понимания возможностей и ограничений современных инструментов для анализа дисков, что способствует выбору оптимальных решений для конкретных задач.

Ключевые слова: дисковая форензика, анализ данных, инструменты для криминалистики, восстановление файлов, цифровая криминалистика, информационная безопасность.

Введение

В эпоху цифровых технологий и массовой цифровизации возникает необходимость защиты информации от кибератак, утечек данных и несанкционированного доступа. Сложность и количество киберпреступлений с каждым годом увеличиваются, заставляя специалистов искать новые методы и инструменты для расследования и предотвращения инцидентов. Важнейшим направлением цифровой криминалистики является дисковая форензика – процесс анализа цифровых носителей с целью восстановления и извлечения данных, имеющих значение для расследования преступлений.

Согласно отчету Herbert Smith Freehills, увеличение объема данных и множества источников требует тщательной подготовки и правильного выбора данных для сбора и анализа, с целью обеспечить успешное расследование. Эти слова подчёркивают важность развития новых подходов и технологий в области цифровой криминалистики.

В корпоративной среде утечки данных наносят компаниям значительные убытки, как финансовые, так и репутационные. Компании полагаются на дисковую форензика, чтобы

исследовать, откуда произошла утечка и кто мог быть к ней причастен. Например, инструменты форензики могут восстановить удаленные файлы, историю посещенных сайтов, следы использования USB-накопителей и другую информацию, что позволяет идентифицировать несанкционированный доступ к конфиденциальным данным.

Дисковая форензика также активно используется в расследованиях финансовых преступлений, где целью является выявление доказательств незаконной деятельности, таких как подделка финансовой отчетности, мошенничество с кредитными картами или схемы отмывания денег. Например, инструменты форензики могут извлекать информацию о финансовых транзакциях, которые были намеренно удалены или спрятаны в системе, помогая следственным органам установить связь между подозреваемой и преступной деятельностью. Мошенничество продолжает расти, и в 2022 году оно стало одной из ведущих причин киберинцидентов.

Кибератаки становятся всё более изощренными, и их расследование требует эффективных инструментов, способных извлекать следы атак на физическом уровне накопителей. Также после кибератаки необходим анализ цифровых носителей, который позволяет восстановить логи и файлы, поврежденные или скрытые вредоносным ПО. Дисковая форензика является неотъемлемой частью в области информационной безопасности, так как способствует идентификации файлов, используемые для несанкционированного доступа или передачи данных, что в свою очередь помогает отслеживать источники атак и предотвращать их повторение.

Методы исследования

Исследование функциональности и производительности инструментов для дисковой форензики основывалось на сочетании теоретических и практических подходов. На первом этапе был проведен анализ литературы и технической документации, что позволило определить наиболее эффективный инструмент, между EnCase и FTK Imager. Использовались научные публикации из специализированных журналов (Digital Investigation, Forensic Science International) и официальные руководства пользователей. Это позволило изучить их функциональные возможности, такие как поддержка различных файловых систем, восстановление данных, анализ метаданных и артефактов активности пользователей.

Для сравнения применялись разнообразные тестовые сценарии. Один из них включал восстановление удалённых файлов, где инструменты тестировались на наборе данных с удалёнными текстовыми документами, изображениями и видеофайлами. Другой сценарий предполагал анализ метаданных, при котором проверялись возможности извлечения временных меток, авторов и другой сопутствующей информации из файлов. Ещё одним важным аспектом стала обработка больших объёмов данных, где сравнивалась скорость обработки цифровых хранилищ объёмом до 1 ТБ.

Метрики оценки производительности включали скорость обработки данных, выраженную во времени, затраченном на выполнение сценариев. Также оценивалась точность восстановления данных, измеряемая в процентах от общего числа успешно восстановленных файлов. Удобство интерфейса анализировалось на основе обратной связи от пользователей, собранной в ходе анкетирования.

На основе результатов тестирования был проведен сравнительный анализ инструментов по следующим критериям: функциональность (спектр возможностей анализа и поддержки форматов), производительность (скорость работы и эффективность обработки больших объёмов данных), удобство использования (интуитивность интерфейса, наличие автоматизации) и соотношение цена-качество (сравнение коммерческих лицензий и бесплатных решений).

Финальным этапом стало обобщение результатов и формирование практических рекомендаций для специалистов. Эти рекомендации учитывают специфические потребности различных групп пользователей: профессиональных судебных экспертов, корпоративных аудиторов и студентов. Применение комплексного подхода позволило обеспечить объективную оценку исследуемых инструментов, выявить их сильные и слабые стороны и предложить оптимальные решения для практического применения.

Обзор литературы

Применение дисковой форензики в корпоративной среде

Утечки данных являются одной из главных угроз для компаний. Восстановление удаленных файлов, анализ истории использования USB-устройств и посещенных веб-сайтов позволяет не только выявить источник утечки, но и идентифицировать лиц, причастных к инциденту. Например, EnCase предоставляет функции для углубленного анализа данных, включая восстановление доказательств, работающих даже в зашифрованных средах. FTK, в свою очередь, выделяется скоростью работы и простотой интерфейса, что делает его удобным инструментом для анализа больших массивов данных.

Согласно данным IBM, средняя стоимость утечки данных в 2024 году составила \$4.88 миллиона, что подчеркивает важность быстрого и точного анализа для минимизации последствий инцидентов.

Расследование финансовых преступлений

Цифровая криминалистика играет важную роль в расследованиях финансовых преступлений, таких как подделка отчетности, мошенничество с кредитными картами и схемы отмывания денег. Инструменты, такие как EnCase и FTK, предоставляют возможности для анализа финансовых транзакций, включая восстановление удаленных или зашифрованных данных. В частности, EnCase позволяет обнаруживать сложные схемы махинаций благодаря расширенным функциям индексации и хэш-анализа.

Мошенничество остается одной из ведущих причин киберинцидентов. Инструменты форензики помогают установить причинно-следственные связи, что особенно важно для юридических расследований.

Кибератаки и их анализ

Современные кибератаки становятся всё более изощренными, требуя от инструментов форензики способности анализировать следы атак на физическом уровне. FTK предоставляет функции быстрого анализа логов и поврежденных файлов, что особенно полезно для расследования инцидентов, связанных с вредоносным ПО. EnCase, в свою очередь, обладает мощным функционалом для анализа цепочек сообщений и интернет-артефактов, что помогает определить источник атаки и предотвратить её повторение.

Согласно отчету Cybersecurity Ventures, киберпреступность будет наносить мировой экономике ущерб в размере \$10.5 триллиона ежегодно к 2025 году. Это подчеркивает необходимость использования продвинутых технологий в цифровой криминалистике.

Обсуждение

В рамках цифровой криминалистики дисковая форензика играет важную роль в процессе анализа данных, предоставляя различные инструменты для решения различных задач. Однако выбор оптимального инструмента для выполнения конкретных задач зависит от множества факторов. В данном контексте рассмотрим два популярных инструмента – EnCase и FTK, с акцентом на их функциональные особенности, преимущества и недостатки.

Функциональность и возможности анализа

Диаграмма, представленная на Рисунке 1, отражает результаты сравнительного анализа функциональности двух широко используемых инструментов цифровой криминалистики — EnCase и FTK Imager. На основе литературных данных и технических спецификаций установлено, что EnCase демонстрирует значительно более широкий спектр функциональных возможностей, предлагая 18 ключевых функций против 12 у FTK Imager.

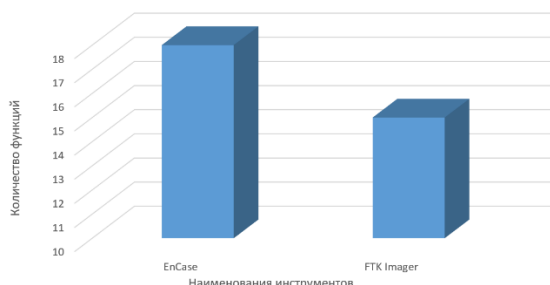


Рисунок 1 – Сравнительный анализ функциональности

Этот результат подтверждает превосходство EnCase в областях, требующих углубленного анализа данных, таких как обработка облачных данных, восстановление сложных артефактов и возможность кастомизации через встроенный язык EnScript.

Инструмент особенно эффективен для крупных организаций и корпоративных расследований, где важна глубокая аналитика и поддержка сложных форматов данных.

В свою очередь, FTK Imager концентрируется на скорости обработки и удобстве использования. Это делает его привлекательным решением для небольших организаций или специалистов, которые ценят простоту интерфейса и высокую производительность при анализе электронных писем и других базовых задач.

Таким образом, различия между инструментами оказывают значительное влияние на их практическое применение. EnCase подходит для пользователей, которым требуется глубокий анализ данных и возможность кастомизации, что делает его более предпочтительным для судебных расследований и корпоративных аудиторов. В то же время, FTK Imager удобен для специалистов, которым требуется быстрое восстановление данных и анализ без сложных конфигураций.

Скорость и производительность

На диаграмме, представленной на Рисунке 2, выполнен сравнительный анализ двух ключевых параметров инструментов цифровой криминалистики – скорости обработки данных и удобства использования. Оценка параметров осуществлялась по десятибалльной шкале, где значение 10 отражает максимальный уровень производительности и комфорта работы.

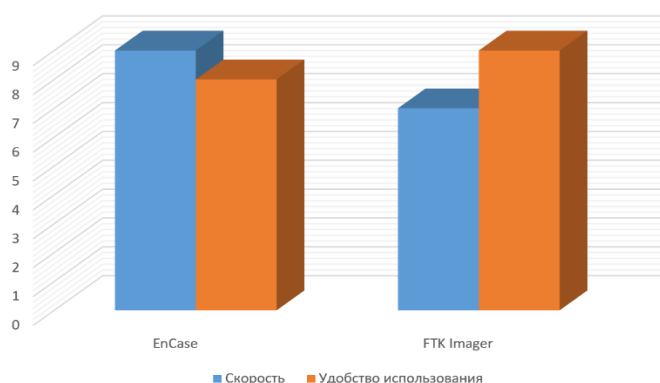


Рисунок 2 – Сравнительный анализ скорости и производительности

Для инструмента EnCase скоростные показатели были оценены на уровне 9 баллов, что соответствует высокой производительности при обработке данных. Однако незначительное снижение оценки удобства использования до 8 баллов свидетельствует о его сложной архитектуре и необходимости значительного времени для обучения пользователей, что делает его менее доступным для специалистов без соответствующего опыта.

Инструмент FTK Imager, напротив, демонстрирует обратную тенденцию: его удобство использования оценивается выше (9 баллов), что связано с интуитивно понятным интерфейсом и меньшими требованиями к обучению. Однако показатель скорости обработки данных (8 баллов) несколько ниже, что может быть связано с особенностями алгоритмов индексации, оптимизированных под обработку ограниченных массивов данных, таких как электронная почта и логи.

Эти различия позволяют сделать вывод, что EnCase подходит для анализа больших объемов данных, но требует времени на обучение, тогда как FTK Imager быстрее осваивается пользователями и подходит для оперативного анализа инцидентов. В результате, выбор инструмента зависит от срочности задачи и объема данных, с которым предстоит работать.

Поддержка платформ и расширяемость

EnCase отличается высокой степенью адаптации к различным операционным системам, включая Windows, Linux и Unix, что делает его универсальным решением для выполнения задач цифровой криминалистики. Инструмент поддерживает интеграцию с популярными облачными платформами, такими как Gmail и Google Drive, что значительно облегчает обработку удалённых и распределённых данных. Эти функции делают EnCase особенно полезным для крупных предприятий, работающих с большими массивами данных и сложными информационными структурами.

В отличие от EnCase, FTK ориентирован преимущественно на пользователей, работающих в Windows-среде. Несмотря на меньшую гибкость, инструмент остаётся

востребованным благодаря своему простому и понятному интерфейсу. Такие особенности делают его привлекательным выбором для малых организаций и специалистов, только начинающих изучение методов цифровой криминалистики.

Ограничения и вызовы

Несмотря на обширные функциональные возможности, оба инструмента имеют свои ограничения, которые могут влиять на их применение в различных сценариях:

EnCase требует значительных затрат времени и финансов для освоения, включая сложное обучение пользователей и высокую стоимость лицензий. Это может ограничивать его доступность для небольших организаций или индивидуальных специалистов.

FTK Imager, в свою очередь, характеризуется более простой эксплуатацией, но демонстрирует ограниченные возможности в поддержке сложных форматов данных и меньшую гибкость при настройке.

Оба инструмента также сталкиваются с системными вызовами, связанными с отсутствием стандартов данных. Недостаток унифицированных форматов усложняет обмен информацией между различными системами. Для повышения универсальности и эффективности данных инструментов требуется развитие многоязычной поддержки, что делает их более пригодными для международных расследований и работы в глобальном контексте.

Следовательно, оба инструмента имеют свои слабые стороны, и их выбор должен основываться не только на функционале, но и на специфике работы организации. EnCase подходит для сложных корпоративных расследований, а FTK Imager является лучшим решением для оперативных анализов с минимальными затратами.

Применение в различных сценариях

Инструменты цифровой криминалистики используются в разных контекстах, включая судебные расследования, корпоративные проверки и реагирование на инциденты. Каждый из этих сценариев предъявляет свои требования к функциональности и возможностям EnCase и FTK Imager.

Судебные расследования.

EnCase является предпочтительным инструментом благодаря своей детализированной индексации, возможности создания надежных доказательных отчетов и строгому соответствию судебным стандартам. Поддержка EnScript позволяет автоматизировать сложные задачи, такие как выявление скрытых артефактов в зашифрованных файлах.

Корпоративные расследования.

Внутренние проверки на предмет утечек данных, несанкционированного доступа и экономических преступлений часто требуют быстрого анализа. FTK Imager обеспечивает оперативное сканирование устройств, анализ истории USB-устройств и восстановления удаленных данных, что делает его удобным инструментом для корпоративных аудиторов.

Реагирование на инциденты.

В условиях расследования кибератак критически важна скорость анализа данных. FTK Imager позволяет оперативно просматривать артефакты системы, журналы событий и возможные следы вредоносных программ. EnCase, в свою очередь, используется для более глубокого анализа инцидентов, когда необходимо выявить сложные техники уклонения злоумышленников и зашифрованные данные. Различия в функциональных возможностях данных инструментов подчеркивают их ориентированность на разные группы пользователей и соответствие специфическим сценариям применения в цифровой криминалистике:

Заключение

Сравнительный анализ показывает, что выбор подходящего инструмента должен основываться на специфике задач и масштабе расследования. EnCase является лидером в плане функциональности, предлагая интеграцию с облачными сервисами, поддержку сложных артефактов и гибкость настройки. В то же время, FTK Imager выигрывает за счёт своей скорости и простоты использования, что делает его идеальным выбором для случаев, требующих оперативного анализа или когда работа ведется с ограниченными ресурсами.

Ограничения обоих инструментов подчеркивают важность дальнейшего развития и адаптации этих решений к растущим требованиям современной цифровой криминалистики. Улучшение совместимости между системами и внедрение стандартов для обмена данными станут ключевыми направлениями их развития.

На основе проведенного анализа можно выделить несколько ключевых рекомендаций для специалистов, выбирающих инструмент цифровой криминалистики:

1) Если расследование требует глубокого анализа, работы с зашифрованными данными и сложной автоматизации, рекомендуется использовать EnCase. Этот инструмент подходит для судебных экспертов и крупных организаций, работающих с широким спектром данных.

2) Если основной приоритет – скорость и простота анализа, FTK Imager является оптимальным выбором. Он отлично подходит для корпоративных аудиторов, ИТ-специалистов и служб быстрого реагирования на инциденты.

3) В случаях, когда требуется комбинированный подход, возможно использование обоих инструментов. Например, FTK Imager может быть применен для первичного анализа и быстрого извлечения данных, а EnCase – для последующего детального изучения и построения отчетов.

Данный анализ подтверждает, что выбор между EnCase и FTK Imager зависит не только от функциональных возможностей, но и от специфики расследования. EnCase оказывается наиболее полезным в судебных и сложных корпоративных расследованиях, где критически важна детальная индексация данных и возможность глубокой автоматизации. В то же время FTK Imager находит свое применение в оперативных инцидентных расследованиях и корпоративных проверках, где ключевым фактором является скорость и удобство работы с доказательствами.

Таким образом, изучение производительности и функциональности инструментов анализа дисковой форензики показывает, что оба решения имеют свои сильные стороны и области для улучшения. В условиях постоянно растущих объемов данных и усложняющихся цифровых угроз их роль будет только возрастать, что делает актуальными вопросы повышения их эффективности и доступности для широкого круга пользователей.

Список литературы

1. Digital forensics in investigations and the growing data burden / S. Barrett et al // Herbert Smith Freehills, 2020. – URL: <https://www.herbertsmithfreehills.com/insights/2020-07/digital-forensics-in-investigations-and-the-growing-data-burden>.
2. IBM Security. Cost of a Data Breach Report 2024. – IBM, 2024. – URL: <https://ibm.com/>.
3. Association of Certified Fraud Examiners. Occupational Fraud 2022: A Report to the Nations. – ACFE, 2022. – URL: <https://acfe.com/>.
4. Cybersecurity Ventures. Cybercrime To Cost The World \$10.5 Trillion Annually By 2025. – Cybersecurity Ventures, 2021. – URL: <https://cybersecurityventures.com/>.
5. Abdulkadir A. The Evaluation of EnCase and FTK Forensic Tools for Effective Evidence Extraction / A. Abdulkadir, A. Ahmad, B. Ja'afar // Global Scientific Journal. – 2021. – Vol. 9, Issue 3. URL: <https://www.globalscientificjournal.com/>.
6. EnCase Forensic. – OpenText, 2021. – URL: <https://www.opentext.com/>.
7. Forensic Toolkit (FTK). – AccessData, 2021. – URL: <https://accessdata.com/>.
8. National Institute of Standards and Technology (NIST). Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response. – NIST, 2020. – URL: <https://www.nist.gov/>.
9. Shinde P. Cybersecurity and Digital Forensics: A Survey on Tools and Techniques / P. Shinde, M. Gawali // International Journal of Computer Applications. – 2021. – Vol. 175, № 13. URL: <https://www.ijcaonline.org/>.
10. SANS Institute. Digital Forensics and Incident Response: Challenges and Tools. – SANS, 2021. – URL: <https://www.sans.org/>.

А.Р. Шалгынбаева

Еуразия ұлттық университеті Л.Н.Гумилев атындағы
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Пушкин көшесі, 11.
e-mail: kaminariari16@gmail.com

КРИМИНАЛИСТИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ: ENCASE ЖӘНЕ FTK IMAGER

Дискілік форензика – бұл ақпараттық қауіпсіздік саласындағы маңызды бағыт болып табылады, оның мақсаты – цифрлық тасымалдаушыларды зерттеу арқылы тергеу тұрғысынан маңызы бар деректерді анықтау, қалпына келтіру және талдау. Бұл жұмыста дискілік форензикаға

арналған қазіргі заманғы құралдардың функционалдығы мен өнімділігін зерттеу жүргізілді. Негізгі назар осы салада қолданылатын EnCase және FTK Imager сияқты бағдарламалардың мүмкіндіктерін салыстыруға аударылады.

Зерттеу барысында форензикалық құралдардың жұмыс істеу негізінде жатқан әдістер мен технологияларға шолу жасалды, соның ішінде жойылған файлдарды іздеу, файлдық жүйелерді қалпына келтіру, метадеректерді талдау және пайдаланушылардың белсенділігінің іздерін көрсететін артефактілерді анықтау. Функционалдық мүмкіндіктерден басқа, бағдарламалық жасақтаманың деректерді өңдеу жылдамдығы, қолдау көрсетілетін файл пішімдерінің көлемі және үлкен көлемдегі ақпаратпен жұмыс істеу тиімділігі сияқты өнімділігі талданды.

Құралдардың сапасын бағалау критерийлеріне ерекше назар аударылды, мысалы, деректерді қалпына келтіру дәлдігі, пайдаланушы интерфейсі және тапсырмаларды автоматтандыруды қолдау.

Зерттеу нәтижелері киберқауіпсіздік, сот сараптамасы және IT-өкімшілендіру саласындағы мамандар үшін, сондай-ақ цифрлық криминалистика саласын зерттеп жүрген студенттер мен зерттеушілер үшін пайдалы болуы мүмкін. Жұмыс заманауи дискілік талдау құралдарының мүмкіндіктері мен шектеулерін түсінуді кеңейтуге бағытталған, бұл белгілі бір міндеттерді орындау үшін оңтайлы шешімдерді таңдауға ықпал етеді.

Түйін сөздер: дискілік форензика, деректерді талдау, криминалистикалық құралдар, файлдарды қалпына келтіру, цифрлық криминалистика, ақпараттық қауіпсіздік.

A.R. Shalgynbayeva

Eurasian National University named after L.N. Gumilyov,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Pushkin St., 11
e-mail: kaminariari16@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF FORENSIC TOOLS: ENCASE AND FTK IMAGER

Disk forensics is an essential area of information security aimed at examining digital storage devices to identify, recover, and analyze data relevant to investigations. This study focuses on the functionality and performance of modern tools for disk forensics analysis, with a primary emphasis on comparing the capabilities of programs such as EnCase and FTK Imager used in this field.

The research includes an overview of existing methods and technologies underlying forensic tools, including the search for deleted files, recovery of file systems, metadata analysis, and detection of artifacts indicating traces of user activity. In addition to functional capabilities, the study evaluates the performance of the software, including data processing speed, the range of supported file formats, and the efficiency of handling large volumes of information.

Special attention is paid to quality assessment criteria for the tools, such as data recovery accuracy, user interface, and support for task automation.

The results of the study may be valuable for professionals in cybersecurity, forensic investigation, and IT administration, as well as for students and researchers studying digital forensics. The work aims to enhance understanding of the capabilities and limitations of modern disk analysis tools, facilitating the selection of optimal solutions for specific tasks.

Key words: *disk forensics, data analysis, forensic tools, file recovery, digital forensics, information security.*

Сведения об авторах

Арина Руслановна Шалгынбаева – студент магистрант специальности «Системы информационной безопасности», Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Астана; e-mail: kaminariari16@gmail.com.

Автор туралы ақпарат

Арина Руслановна Шалгынбаева – «Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері» мамандығы бойынша магистрант, Еуразия ұлттық университеті Л.Н. Гумилев атындағы, Қазақстан Республикасы, Астана қ.; e-mail: kaminariari16@gmail.com.

Information about the author

Arina Ruslanovna Shalgynbayeva – Master's student in the specialty «Information Security Systems», Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Republic of Kazakhstan, Astana; e-mail: kaminariari16@gmail.com.

Поступила в редакцию 11.03.2025

Поступила после доработки 13.03.2025

Принята к публикации 14.03.2025

Е.М. Ағзам*, Р.К. Кусаинов, А.К. Какимов, А.Е. Еренгалиев, Н.К. Ибрагимов
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: ektu_09@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА СУШКИ КУРТА

Аннотация: Целью работы является разработка системы измерения температуры с применением DS18B20 и подготовка к дальнейшему исследованию процесса сушки курта, проверки на работоспособность подключения к контроллеру Arduino Nano. Девять датчиков данной системы позволит в дальнейшем провести эксперимент и собрать информацию о температуре внутри курта в реальном времени в процессе сушки, что подтвердит надежность работы блока датчиков и сушильной установки для курта в целом. Монтаж датчика и контролера прошел успешно, что подтверждает первые результаты холостого измерения и мониторинга всех датчиков температуры посредством программы Terminal 1.9b. Диапазон температур датчиков рассчитана от -55 °С до +125 °С, что делает его подходящим для работы в широком спектре промышленных условий.

Результаты исследования имеют практическую ценность для последующих экспериментов по сушке курта и других пищевых продуктов, а также для контроля внутри процесса пищевого продукта в реальном времени. Данный метод монтажа может применяться для другого пищевого оборудования. Они могут способствовать оптимизации процесса сушки, с помощью мониторинга за процессом сушки, что является важным фактором для оперативности контроля и повышения качества продукта.

Ключевые слова: курт, сушильная установка, датчики температуры, технологические измерения в пищевой промышленности, сушильное оборудование, производство курта, сушка пищевых продуктов, измерение температуры курта.

Введение

Обеспечение равномерности сушки продуктов питания является важным условием для достижения стабильного и высокого качества конечного продукта [1]. Одной из актуальных задач является получение данных о температурных параметрах внутри пищевого продукта и создание общей картины внутренних процессов, происходящих на лотках в рабочей зоне конвективной сушильной установки для курта [3, 4]. Это необходимо как для испытания оборудования на эффективность сушки, так и для построения кинетической модели процесса сушки внутри курта [5-7].

Исследование температурных параметров в процессе сушки курта играет важную роль в определении оптимальных условий работы установки и повышении её эффективности. Процесс сушки непосредственно зависит от повышения температуры внутри пищевого продукта, поскольку увеличение температуры ускоряет испарение влаги, способствуя эффективному высушиванию. Анализ параметров теплопередачи и температуры позволяет выявить наиболее подходящие условия сушки [8], что способствует сокращению времени производства, улучшению качества продукции и повышению энергоэффективности процесса.

Цель исследования

Целью данного исследования является разработка системы измерения температуры и проверка её работоспособности для последующего проведения ряда экспериментов по сушке курта. Для достижения поставленной цели необходимо собрать данные о теплофизических параметрах внутри курта, который будет расположен в рабочей зоне сушильной установки.

В рамках работы были поставлены следующие задачи [2, 9]:

- выбор и обоснование применения подходящих измерительных датчиков и контроллера;
- установка и настройка системы измерения теплофизических параметров в сушильной установке для курта;
- проверка работоспособности системы измерения теплофизических параметров;

– подготовка системы измерения теплофизических параметров к ряду экспериментов по сушке курта в сушильной установке.

Результаты данного исследования имеют практическое значение для предприятий и производителей, занимающихся выпуском курта и других пищевых продуктов. Полученные данные помогут наладить качественный контроль технологического процесса, определить оптимальные режимы работы сушильной установки и улучшить процесс сушки в целом. Это позволит контролировать сушку при помощи установленных контрольно-измерительных приборов, повысить энергоэффективность и улучшить качество готовой продукции.

Материалы и методы исследования

Для измерения и контроля температуры внутри пищевого продукта были использованы датчики DS18B20 [10-12], изображённые на рисунке 1а. Сигналы с датчиков обрабатывались контроллером Arduino Nano 3.0 [12,13,14], оснащённым микроконтроллером ATmega328 (рис. 1б). Датчики DS18B20 представляют собой устройства с интегрированными сенсорами температуры, выдающими цифровой сигнал, и поставляются с заводской калибровкой. Характеристики датчика DS18B20 приведены в таблице 1.

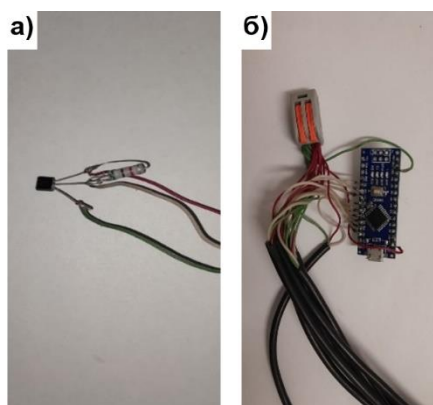


Рисунок 1 – Установка и распиновка датчика DS18B20 (а) и контроллера Arduino Nano 3.0

Таблица 1 – Характеристики датчика температуры DS18B20

Напряжение питания:	+3,3 ... +5,5 В
Диапазон измерения температуры:	-55...+125 °С
Погрешность измерений температуры:	±0,5 °С (в пределах -10...+85 °С)
Шаг измерения влажности:	0,1%
Период измерений:	2 сек.
Интерфейс:	1-Wire
Вес:	менее 1 гр

Рисунок 1 иллюстрирует установку и распиновку компонентов для подключения датчика температуры DS18B20 к контроллеру Arduino Nano 3.0 (ATmega328):

- Рисунок 1(а) показывает, что датчики подключены через трехжильный провод, а для обеспечения стабильной работы линии данных используется подтягивающий резистор номиналом 5,1 кОм между VCC и DQ;
- Рисунок 1(б) отображает распиновку контроллера, к которому через соединительную клемму подключены все девять датчиков.

Использование соединительной клеммы позволяет упростить схему подключения и обеспечивает надежный контакт для корректной передачи данных от всех датчиков к микроконтроллеру.

В ходе эксперимента использовались 9 датчиков, размещённых по периметру рабочей зоны сушильной установки в трёх лотках, по три датчика в каждом. Схема расположения датчиков представлена на рисунке 2. Датчики DS18B20 были установлены свободно внутри сушильной установки, чтобы их можно было впоследствии разместить внутри курта при проведении экспериментов. Контроллер находился в защитном корпусе снаружи установки. Для подключения датчиков к контроллеру использовались провода типа ШТЛП сечением 3×0,4 мм², которые не закреплялись внутри сушильной установки, чтобы облегчить процесс установки датчиков в курт. Для предотвращения возможной путаницы все датчики были пронумерованы.

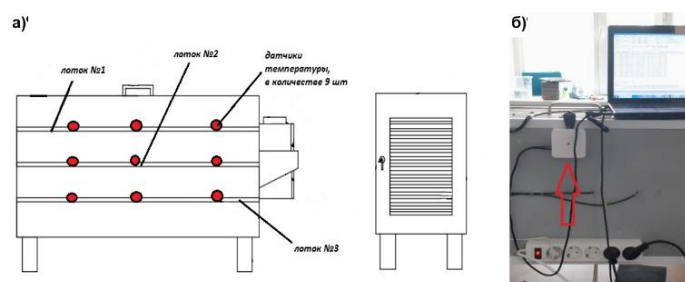


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков и распределительной коробки

Контроллер был прикреплен в пластиковый корпус для защиты от внешнего воздействия с использованием эпоксидного клея, представляющего собой термореактивный состав из смолы (эпоксидного полимера) и отвердителя, обеспечивающий прочное, долговечное и надежное соединение различных поверхностей. Провода типа ШТЛП были проведены внутрь через отверстие, выполненное над сушильным оборудованием с помощью многоступенчатого сверла. Края отверстия были изолированы лентой для предотвращения повреждения проводов. Дополнительно был установлен датчик температуры и влажности непосредственно на входе теплого воздуха конвективной сушки для мониторинга нагрева теплоносителя в зоне его максимальной температуры в реальном времени.

Для защиты контактов датчика и резистора от воздействия влаги, как внутри продукта, так и в рабочей зоне сушильной установки, был применен санитарный силиконовый герметик. Этот материал, с температурным диапазоном эксплуатации от -40 до $+180^{\circ}\text{C}$, полностью соответствует требованиям. Применение герметика обеспечивает герметичность соединений, предотвращает коррозию контактов, продлевает срок службы компонентов и повышает надежность работы оборудования даже в условиях высокой влажности и температурных перепадов.

Для подключения датчиков DS18B20 к контроллеру использовались подтягивающие резисторы номиналом $5,1\text{ кОм}$, обеспечивающие защиту датчиков от электромагнитных помех. Схема подключения датчиков к контроллеру представлена на рисунке 3.

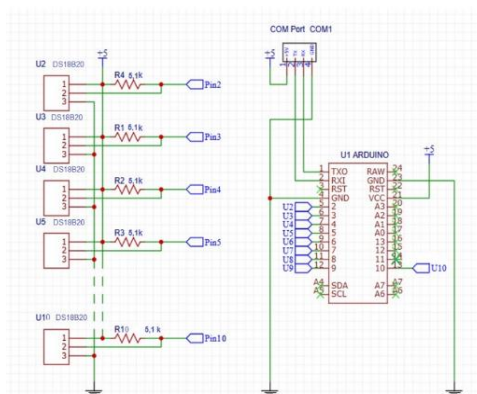


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема системы измерения температуры курта

Разработка программного обеспечения

Для контроллера было создано программное обеспечение, которое обеспечивает считывание данных с датчиков, их обработку и передачу через интерфейс UART на компьютер с использованием USB-кабеля. Съём данных о температуре с каждого датчика осуществлялся с интервалом 2 секунды. Для визуализации и регистрации полученных данных на компьютере было использовано программное обеспечение Terminal 1,9b, представленное на рисунке 4. В данной программе отображаются измеряемая температура, идентификационный номер датчика и временные метки в секундах. Датчики осуществляют измерение температуры с интервалом в 2 секунды. [15]. Все пробные измеренные значения температуры и время фиксации сохранялись в текстовом файле с расширением txt.

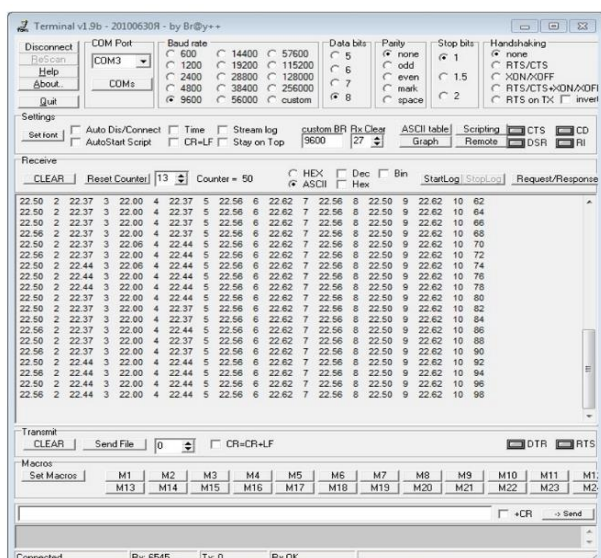


Рисунок 4 – Проверка на работоспособность системы измерения теплофизических параметров

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных температуры воздуха показал, что все датчики работают стабильно и надёжно. Данные демонстрируют отсутствие резких колебаний и отклонений, что свидетельствует о высокой точности измерений. Согласованные показания датчиков подтверждают корректную их калибровку.

Данные, полученные в ходе эксперимента, в дальнейшем позволяют построить температурные профили внутри рабочей зоны сушильной установки, а также определить равномерность распределения температуры на различных участках лотков. Расположение датчиков по трем уровням (верхний, средний, нижний лотки) обеспечит полное покрытие измеряемой зоны и позволит детально анализировать процессы теплопередачи. Система измерения температуры позволит выявить эффективность циркуляции теплого воздуха в сушильной установке. Также данные, которые будут получены от системы измерения температуры, будут важны для дальнейшей настройки процесса сушки, так как позволят определить время достижения стационарного режима работы.

Данные, полученные в ходе эксперимента, в дальнейшем позволяют построить температурные профили внутри рабочей зоны сушильной установки, а также определить равномерность распределения температуры на различных участках лотков. Расположение датчиков по трем уровням (верхний, средний, нижний лотки) обеспечит полное покрытие измеряемой зоны и позволит детально анализировать процессы теплопередачи. Система измерения температуры позволит выявить эффективность циркуляции теплого воздуха в сушильной установке. Также данные, которые будут получены от системы измерения температуры, будут важны для дальнейшей настройки процесса сушки, так как позволят определить время достижения стационарного режима работы.

Применение санитарного силиконового герметика и эпоксидного клея обеспечило надежную защиту датчиков и соединений, что позволит избежать сбоев в измерениях даже при высокой влажности и изменениях температуры.

Полученные первоначальные данные подтвердили работоспособность разработанной системы измерения. Достоверность измерений была проверена путем сравнения данных с контрольным датчиком температуры, показания которого совпадали с данными DS18B20 в пределах допустимой погрешности $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Это доказывает, что система готова к проведению полномасштабных экспериментов по изучению кинетики сушки курта.

Представленные результаты служат основой для дальнейших исследований, направленных на определение оптимальных режимов сушки, минимизацию потерь энергии и улучшение качества готового продукта.

Заключение, выводы

Проведённое исследование продемонстрировало стабильную и надёжную работу датчиков температуры и влажности, которые будут представлять высококачественные

данные для последующего анализа и научных исследований. Полученные результаты подтверждают готовности оборудования к последующим экспериментам сушки курта. Именно контрольно-измерительные приборы показывает работоспособность оборудования с помощью мониторинга процесса сушки.

Результаты данной статьи имеют практическую научную ценность, поскольку они дают возможность провести эксперименты другим исследователям, получив данные о процессе сушки с помощью контрольно-измерительных приборов, которых можно установить и на других оборудованьях. Эти сведения помогут построить кривые или зависимые графики, анализировать данные, контролировать и оптимизировать эксплуатационные параметры сушильной установки и определить наиболее эффективные режимы работы, что в дальнейшем будет способствовать улучшению качества продукции и повышению эффективности производственного процесса.

Список литературы

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – Москва: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Куприянов Б.В. Технологические измерения и КИП в пищевой промышленности / Б.В. Куприянова. – Москва: Пищевая промышленность, 1977 – 275 с.
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – Москва: Пищевая промышленность, 1973. – 526 с.
4. Выбор оптимального оборудования при сушке курта / Е.М. Ағзам и др. // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 2(14). – С. 66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9).
5. Разработка сушильной установки для производства курта / Е.М. Ағзам и др. // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 3(15). – С. 104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16).
6. Исследование пищевой безопасности национального продукта «курт», вырабатываемого на предприятиях восточно-казахстанской области / Ш.К. Жакупбекова и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2022. – № 4. – С. 146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>.
7. Соколов В.И. Основы расчёта и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В.И. Соколов. – Москва: Колос, 1992. – 395 с.
8. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – Москва: Пищевая промышленность, 1977 – 248 с.
9. Федоров В.Г. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности / В.Г. Федоров, А.К. Плесконос. – Москва: Пищевая промышленность, 1980. – 171 с.
10. A Working Prototype Using DS18B20 Temperature Sensor and Arduino for Health Monitoring / S. Rameshaha et al // SN COMPUT. SCI. – 2021. – № 2. – P. 33. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00434-2>.
11. Elyounsi A. Evaluating Suitability of a DS18B20 Temperature Sensor for Use in an Accurate Air Temperature Distribution Measurement Network / A. Elyounsi, A.N. Kalashnikov // Engineering Proceedings. – 2021. – № 10(1). – P. 56. <https://doi.org/10.3390/ecsa-8-11277>.
12. Xiong F. Wireless temperature sensor network based on DS18B20, CC2420, MCU AT89S52 / F. Xiong // 2015 IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), Chengdu, China. – 2015. – P. 294-298. <https://doi.org/10.1109/ICCSN.2015.7296172>.
13. Development of NCAM Temperature and Humidity Sensor / O.A. Ogunjirin et al // International Journal of Science and Research. (IJSR). – 2019. – Vol. 9, Issue 12. – P. 101-106.
14. Design of Dodol Mixer on Based on Microcontroller Arduino Nano / Ch. Saputraa et al // Journal of Applied Business and Technology. Journal of Applied Business and Technology (JABT). – 2024. – 5(1). – 23-31.
15. Лебедев Н.В. Принципы автоматизации управления приемопередающим каналом и получения данных ввода-вывода на базе программируемых микроконтроллеров STM32 / Н.В. Лебедев, В.В. Кучерук // Успехи современной науки. – 2017. – Том 7, № 3.

References

1. Lykov A.V. Teoriya sushki / A.V. Lykov. – Moskva: Ehnergiya, 1968. – 472 s. (In Russian).
2. Kupriyanov B.V. Tekhnologicheskie izmereniya i KIP v pishchevoi promyshlennosti / B.V. Kupriyanova. – Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1977 – 275 s. (In Russian).
3. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov / A.S. Ginzburg. – Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1973. – 526 s. (In Russian).
4. Vybor optimal'nogo oborudovaniya pri sushke kurta / E.M. Afzam i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 2(14). – S. 66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9). (In Russian).
5. Razrabotka sushil'noi ustanovki dlya proizvodstva kurta / E.M. Afzam i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 3(15). – S. 104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16). (In Russian).
6. Issledovanie pishchevoi bezopasnosti natsional'nogo produkta «kurT», vyrabatyvaemogo na predpriyatiyakh vostochno-kazakhstanskoi oblasti / SH.K. Zhakupbekova i dr. // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2022. – № 4. – S. 146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>. (In Russian).
7. Sokolov V.I. Osnovy rascheta i konstruirovaniya mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv / V.I. Sokolov. – Moskva: Kolos, 1992. – 395 s. (In Russian).
8. Ginzburg A.S. Tekhnologiya sushki pishchevykh produktov / A.S. Ginzburg. – Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1977 – 248 s. (In Russian).
9. Fedorov V.G. Planirovanie i realizatsiya eksperimentov v pishchevoi promyshlennosti / V.G. Fedorov, A.K. Pleskonos. – Moskva: Pishchevaya promyshlennost', 1980. – 171 s. (In Russian).
10. A Working Prototype Using DS18B20 Temperature Sensor and Arduino for Health Monitoring / S. Ramesha et al // SN COMPUT. SCI. – 2021. – № 2. – R. 33. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00434-2>. (In English).
11. Elyounsi A. Evaluating Suitability of a DS18B20 Temperature Sensor for Use in an Accurate Air Temperature Distribution Measurement Network / A. Elyounsi, A.N. Kalashnikov // Engineering Proceedings. – 2021. – № 10(1). – R. 56. <https://doi.org/10.3390/ecsa-8-11277>. (In English).
12. Xiong F. Wireless temperature sensor network based on DS18B20, CC2420, MCU AT89S52 / F. Xiong // 2015 IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), Chengdu, China. – 2015. – R. 294-298. <https://doi.org/10.1109/ICCSN.2015.7296172>. (In English).
13. Development of NCAM Temperature and Humidity Sensor / O.A. Ogunjirin et al // International Journal of Science and Research. (IJSR). – 2019. – Vol. 9, Issue 12. – R. 101-106. (In English).
14. Design of Dodol Mixer on Based on Microcontroller Arduino Nano / Ch. Saputra et al // Journal of Applied Business and Technology. Journal of Applied Business and Technology (JABT). – 2024. – 5(1). – 23-31. (In English).
15. Lebedev N.V. Printsipy avtomatizatsii upravleniya priemoperedayushchim kanalom i polucheniya dannykh vvoda-vyvoda na baze programmiruemykh mikrokontrollerov STM32 / N.V. Lebedev, V.V. Kucheruk // Uspekhi sovremennoi nauki. – 2017. – Tom 7, № 3. (In Russian).

Е.М. Ағзам*, Р.К. Құсайынов, А.Қ. Кәкімов, А.Е. Еренғалиев, Н.Қ. Ибрагимов

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, көш. Глинка, 20А
*e-mail: ektu2009@gmail.com

ҚҰРТТЫ КЕПТІРУ ПРОЦЕСІН БАҚЫЛАУ ҮШІН КЕПТІРУ АППАРАТЫНЫҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ

Жұмыстың мақсаты DS18B20 көмегімен температураны өлшеу жүйесін өзірлеу және Arduino Nano контроллеріне қосылудың функционалдығын сынау, құртты кептіру процесін одан әрі зерттеуге дайындау. Бұл жүйенің тоғыз датчигі бізге болашақта эксперимент жүргізуге және кептіру процесі кезінде нақты уақыт режимінде құрт ішіндегі температура туралы ақпаратты жинауға мүмкіндік береді, бұл сенсорлық блок пен курт үшін кептіру қондырғысының сенімділігін растайды. тұтас. Датчик пен контроллерді орнату сәтті болды, бұл Terminal 1.9b бағдарламасының көмегімен барлық температура сенсорларының бос жүрістерін өлшеу және бақылаудың алғашқы нәтижелерімен расталады. Датчиктердің температура диапазоны -55 °C-тан +125 °C-қа дейін есептеледі, бұл оны өнеркәсіптік жағдайлардың кең ауқымында жұмыс істеуге жарамды етеді.

Зерттеу нәтижелері құртты және басқа да тамақ өнімдерін кептіру бойынша кейінгі тәжірибелер үшін, сондай-ақ нақты уақыт режимінде азық-түлік өнімдерінің процесін бақылау үшін практикалық мәнге ие. Бұл орнату әдісін басқа тамақ жабдықтарына қолдануға болады. Олар кептіру процесін бақылау арқылы кептіру процесін оңтайландыруға көмектесе алады, бұл бақылау тиімділігі мен өнімнің сапасын арттырудың маңызды факторы болып табылады.

Түйін сөздер: құрт, кептіру қондырғысы, температуралық датчиктер, тамақ өнеркәсібіндегі технологиялық өлшемдер, кептіру жабдықтары, құрт өндіру, тамақ өнімдерін кептіру, құрт температурасын өлшеу.

E.M. Agzam*, R.K. Kusainov, A.K. Kakimov, A.E. Erengaliev, N.K. Ibragimov

Semey University named after Shakarim,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka St., 20A
*e-mail: ektu2009@gmail.com

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MEASURING THE TEMPERATURE OF A DRYING UNIT FOR MONITORING THE DRYING PROCESS OF KURT

The aim of the work is to develop a temperature measurement system using DS18B20 and prepare for further study of the drying process of kurt, checking the operability of the connection to the Arduino Nano controller. Nine sensors of this system will allow in the future to conduct an experiment and collect information about the temperature inside the kurt in real time during the drying process, which will confirm the reliability of the sensor unit and the drying unit for kurt as a whole. Installation of the sensor and controller was successful, which confirms the first results of idle measurement and monitoring of all temperature sensors using the Terminal 1,9b program. The temperature range of the sensors is calculated from -55°C to + 125°C, which makes it suitable for operation in a wide range of industrial conditions. The results of the study have practical value for subsequent experiments on drying kurt and other food products, as well as for monitoring the process of food products in real time. This installation method can be applied to other food equipment. They can contribute to the optimization of the drying process by monitoring the drying process, which is an important factor for the efficiency of control and improving the quality of the product.

Key words: kurt, drying unit, temperature sensors, process measurements in the food industry, drying equipment, kurt production, drying food products, kurt temperature measurement.

Сведения об авторах

Ерхан Мейрамулы Ағзам* – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – физика-математика ғылымдары және информатика кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Инжинирингтік орталықтың» жетекшісі; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Амангельды Еренгалиевич Еренгалиев – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +77052763541, e-mail: erengaliev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ерхан Мейрамулы Ағзам* – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – старший преподаватель кафедры физико-математических наук и информатики; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Руководитель «Инжинирингового центра»; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Айтбек Калиевич Какимов – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдық және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Амангельды Еренғалиевич Еренғалиев – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры, көш. Глинка 20А, Қазақстан Республикасы, Семей қ., телефон: +77052763541, e-mail: erengaliev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының оқытушысы, к. Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка 20А, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Information about the authors

Erkhan Agzam* – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Rinat Kussainov – Senior Lecturer, Department of Physical and Mathematical Sciences and Informatics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Head of «Engineering Center»; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Amangeldy Yerengaliyev – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: erengaliev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>

Nadir Ibragimov – Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

*Поступила в редакцию 21.01.2025
Поступила после доработки 14.03.2025
Принята к публикации 17.03.2025*



А.К. Ахметжанова^{1*}, А.И. Изтаев¹, Г.И. Байгазиева¹, С.М. Шинтасова¹, Людек Гривна²

¹Алматы технологиялық университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би к-сі, 100

²Мендель университеті,

613 00, Чех Республикасы, Брно қаласы, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever

*e-mail: aytowa@mail.ru

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТЕРІН СЫРА АШЫТҚЫЛАРЫ ДАҚЫЛЫН КӨБЕЙТУ ҮШІН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа: Қазіргі уақытта көптеген сыра қайнату зауыттары келесі ашыту циклі басталғанша сыра ашытқысын сақтауда қиындықтарды бастан кешіреді, өйткені тиісті параметрлерді сақтау әрқашан мүмкін бола бермейді, бұл штамдардың микробиологиялық сипаттамаларының төмендеуіне әкеледі. Сондықтан микробиологтар бұл көрсеткіштерді жақсарту үшін оңтайлы жағдайлар жасау үшін көптеген әдістерді қолданады. Бұл жұмыста ашытқыларда сақтау кезеңінде тұқымдық ашытқылардың физиологиялық және биохимиялық қасиеттерінің теріс өзгерістерін болдырмау үшін Шығыс Қазақстан және Алматы облысындағы кен орындарындағы табиғи цеолиті бар туфтарды пайдалану мүмкіндігін зерттелінеді. Зерттеу объектісі 11 және 44 расаларының төменгі ашытқыдағы өндірістік ашытқылары болып табылады. Ашытқы жуылған суда, жас сырада немесе 11% сыра суслосында (1:1) өсірілді, суспензия көлемінің 1-4% мөлшерінде цеолит қосылды және 3-4°C температурада 3 күн сақталады. Ашытқыларды өсіру ортасына минералды заттарды қосу бүршіктенетін жасушалардың бастапқы мәніне қатысты биомассадағы мазмұнды 1,2-2,5 есеге, гликогені бар жасушаларды – 9-дан 85%-ға дейін арттырады және флокуляциялық қабілетін төмендететіні анықталды. Минералды заттардың әсері жас популяцияға (төртінші генерация) қарағанда алтыншы және сегізінші генерацияның ашытқыларына тиімдірек. Әсер ету тиімділігі өсіру ортасының құрамына, биомассаны сақтау ұзақтығына және цеолит дозасына байланысты. Тайжүзген және Шаңқанай минералдарын пайдалану кезінде зерттелетін көрсеткіштердің анағұрлым елеулі өзгерістері байқалады, бұл минералдардың химиялық құрамы мен құрылымының ерекшеліктеріне байланысты болуымен түсіндіріледі. Алынған нәтижелер ашытқылардың физиологиялық және биологиялық белсенділігінің теріс өзгерістерінің алдын алу шарасы ретінде дақылдарды ашыту процесіне дейін табиғи цеолиттерді сақтау сатысында пайдаланудың орындылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: дақылдық сыра ашытқысы, сақтау, өсіру ортасы, табиғи цеолиттер, физиологиялық жағдайы, флокуляциялық қабілеті, ашытқы генерациясы.

Кіріспе

Суслоны оңтайлы режимде ашыту процесін жүргізу, дайын сыраның физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштері айтарлықтай мөлшерде қолданылатын ашытқы мәдениетіне байланысты. Жақсы шикізатты өңдеу кезінде де, егер ашытқылардың өмірлік белсенділігі төмен болса, жоғары сапалы дайын өнімді алу қиын. Ашытқымен жұмыс істеудегі бұзылулар, атап айтқанда тұқымдық биомассаны сақтау кезеңінде (мерзімнің ұзаруы және сақтау температурасының жоғарылауы, инкубациялық ортаның оңтайлы емес құрамы) популяцияның өміршеңдігіне нақты қауіп төндіреді [1].

Көптеген факторлардың ашытқыға кері әсерін болдырмау немесе теңестіру үшін әртүрлі құрылғылар мен тәсілдер пайдаланылады. Ашытқылардың механизмдік жұмысын қалыпқа келтіру әдістерінің бірі – қоректік ортаның құрылымын түрлендіретін құралдар мен қосылыстарды қолдану [2].

Зертханада суслоның бейорганикалық құрамын қалыпқа келтіру үшін арнайы бір иондардың жетіспеушілігі қанағаттандыратын ашытқылы тағамдық қосылыстар көбірек таратылды [3]. Сонымен қатар, көптеген препараттық бейорганикалық қосылыстар тағамдық өнімге жат минералды заттар күйінде кездеседі.

Қоректік ортаның минералдық құрамын оңтайландыру үшін табиғи шығу көздерін пайдаланған дұрыс. Бірқатар авторлар биостимулятор ретінде Сарықұм төбесінен дайындалған құм, геотермалдық су және биогенді металдардың (магний, марганец, темір, мырыш, мыс, селен) металлорганикалық қосылыстары түріндегі табиғи кремнеземді қолдануды көрсетті. Биобелсенді қасиеттері бар минералды түзілімдердің ішінде табиғи минералдардың үлкен тобы – құрамында цеолит бар туфтар (ЦТ) ерекшеленеді. Тірі организмдерге биологиялық әсерімен қатар олар басқа да ерекше қасиеттерімен сипатталады: жоғары сіңіру селективтілігі, әртүрлі заттардың иондары мен молекулаларын мөлшеріне қарай бөлу қабілеті, ион алмасу және сорбциялық қасиеттері [4].

Қазақстанда өнеркәсіптік маңызды орын алатын туфтары бар кен орындары көптеп кездеседі. Солардың ішінен Тайжүзген және Шанқанай туфтары қарастырылды. Бұл минералдар Шығыс Қазақстан облысы мен Алматы облыстарындағы кен орындарынан алынды.

Ең жоғары биологиялық белсенділікке цеолит-клиноптилолит сияқты «бос» кристалдық құрылыммен және монтморилонит сияқты «жылжымалы» қабатты құрылыммен, сондай-ақ тез еритін қосылыстармен сипатталатын минералдар ие. Бұл минералдар сорбциялық және ион алмасу қасиетінің көбеюімен және химиялық тұрақсыздығымен сипатталады. Әсіресе олар суландырылған және құрамында тез кететін және ағзаның өмірлік маңызды процестеріне кірісе алатын ең мобильді элементтердің метаболикалық кешендері бар [6].

Жұмыстың мақсаты – сақтау процесінде сыра тұқымдық ашытқысының биотехнологиялық қасиеттеріндегі жағымсыз өзгерістерді азайту үшін Қазақстандағы әртүрлі кен орындарының табиғи цеолиттерін қолдану мүмкіндігін зерттеу.

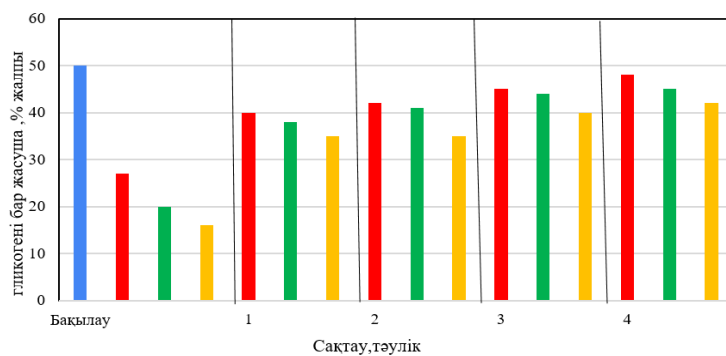
Зерттеу шарттары мен әдістері

Зерттеу нысаны - *Saccharomyces cerevisiae* тобындағы өндірістік сыра ашытқыларының төменгі ашытуға жататын алтыншы және сегізінші генерациялы 11 раса ашытқысы және төртінші генерациялы 44 раса ашытқысы (флокуляция қабілетін бағалау кезінде). Стимуляторлық қоспа ретінде Тайжүзген (Тайжүзген цеолиті), Шанқанай (Шанқанай цеолиті) кен орындарының туфтары қолданылды. Цеолиттер алдын-ала шаңнан пневматикалық сеператорда тазартылған, электрлі кептіргіш шкафында 130°C температурада кептірілген және балғалы ұсақтағышта 80-150 мкм бөліктерге дейін майдаланған [7]. Табиғи минералдардың микробтық дақылдық тұқым ашытқысының физиологиялық, биохимиялық және механизмдік көрсеткіштеріне әсерін білу үшін қоректік ортамен 1:1 қатынасында араластырды, суспензия көлемінің 1-4% мөлшеріне Тайжүзген және Шанқанай цеолиттік туфтары қосылды. Бұл қоспа 3 тәулік бойы 3-4°C аспайтын температурада және салыстырмалы ауа ылғалдылығы 45-50% болатын қараңғы салқындатқыш камерада сақталды. Суспензияның қоректік ортасын, сақтау ұзақтығын және температурасы сыра өндірісінде МемСТ талаптарына сәйкес қабылданған шарттармен анықталынады [8]. Бақылау ретінде туф қосылмаған қоректік ортада сақталған ашытқы үлгісі алынды.

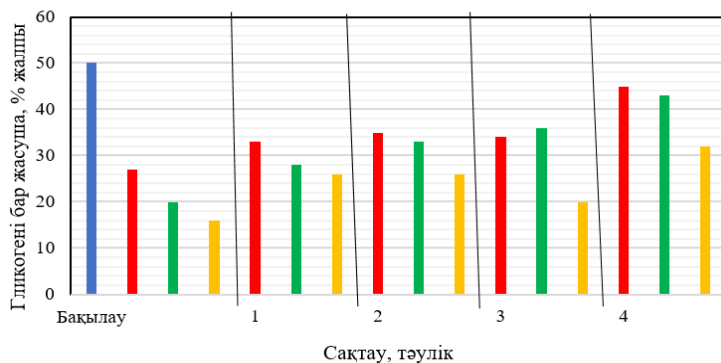
Алғашқы ашытқыларда және инкубация процесінде физиологиялық сандық сипаттамасы бояғыштарды пайдалана отырып тікелей микроскопиялау әдісімен Люголь ерітіндісі-гликоген қоры бар жасушаларды анықтауда, метилен көк ерітіндісі-өміршең емес микроорганизмдердің мөлшерін есептеу үшін бағаланды. Ашытқының флокуляция қасиеті 10 мин суспензия тұндыруынан кейін пайда болған тұнба мөлшері бойынша (см³) талданды [9].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

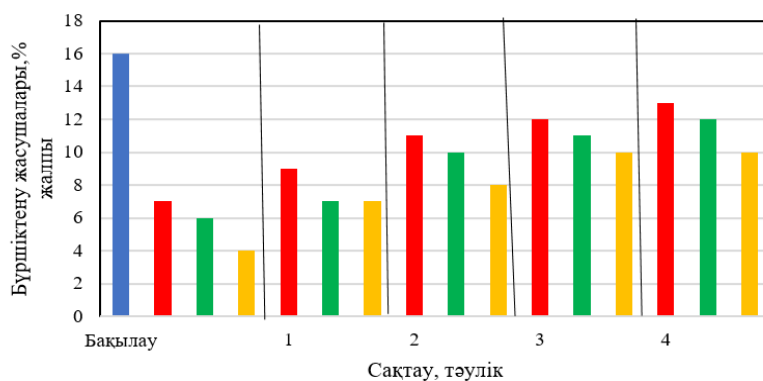
Ашытқыны сақтау қоректік ортасына бейорганикалық материалдарды орнату дақылдың сапалық көрсеткіштеріне оңтайлы әсер етеді (сурет 1-3) (сурет бойынша көк түс – бастапқы ашытқы, қызыл түс – алтыншы генерациялы 11 раса ашытқысы, жасыл түс – сегізінші генерациялы 11 раса ашытқысы, сары түс – төртінші генерациялы 44 раса ашытқысы). Туфтың әсер ету бейімділігі оның мөлшеріне де, қоректік ортаның құрамына және инкубация ұзақтығына да байланысты. Ашытқыны ылғал қабатының астында сақтау, әсіресе ұзақ уақыт, ашытқының негізгі физиологиялық сипаттамасына кері әсер ететіні белгілі. Бұл осы зерттеулер сериясының бақылау нұсқасында да расталады (сурет 1-3) [10]. Алайда, бейорганикалық материалдар қоректік жетіспейтін ортаның ашытқылардың көпшілігіне кері әсерін баяулатады. Сақтаудың үшінші тәулігіне ашытқы суспензиясының мөлшеріне 2-4% көлемінде туфтары бар прототиптерде гликогені бар және бүршіктенетін микроорганизмдердің құрамы сол мерзім кезеңіндегі бақылаумен салыстырғанда тиісінше орта есеппен 65 және 85%-ға артық (сурет 1А-1Б, 2А-2Б), ал өміршең еместер саны 1,2 есе азаяды (сурет 3А-3Б).



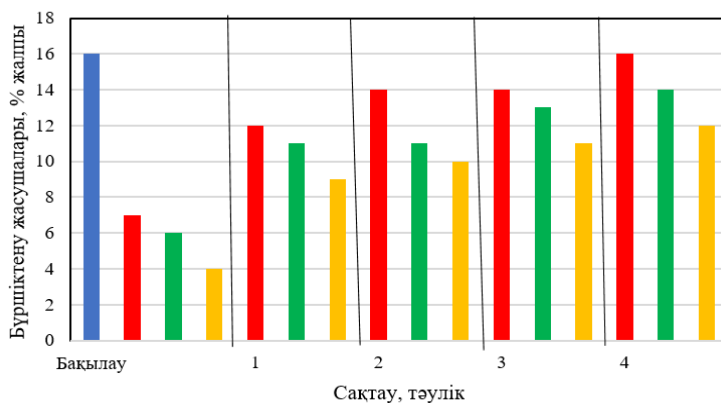
Сурет 1А – Тайжүзген минералының қатысуымен ашытқы су қабатының астында сақталғанда гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



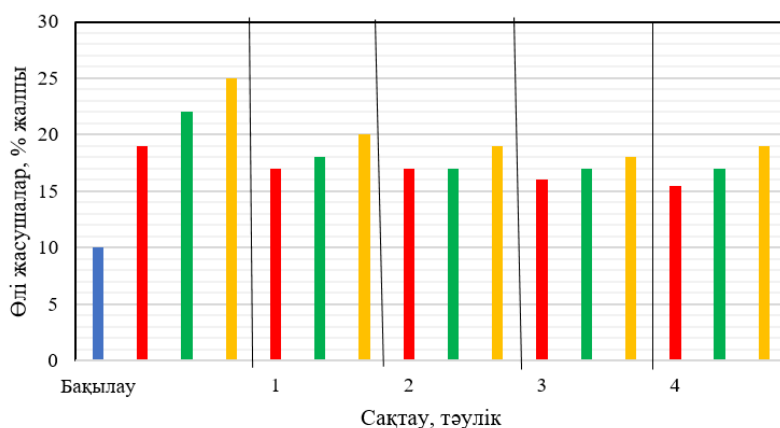
Сурет 1Б – Шанқанай минералының қатысуымен ашытқы су қабатының астында сақталғанда гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



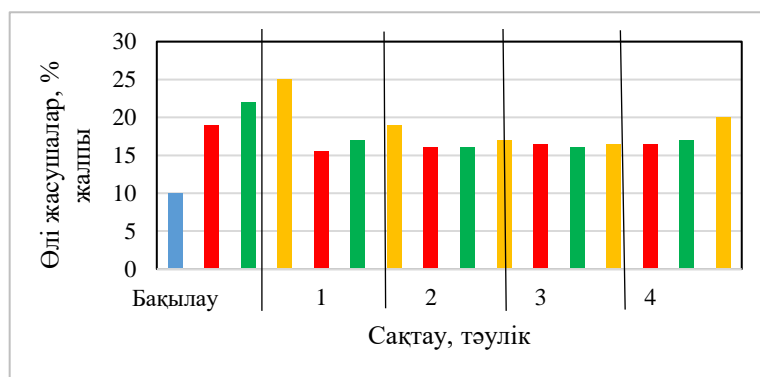
Сурет 2А – Тайжүзген минералының қатысуымен ашытқыларды су қабатында сақтау кезінде бүршіктенетін жасушалар санының өзгеруі



Сурет 2Б – Шанқанай минералының қатысуымен ашытқыларды су қабатында сақтау кезінде бүршіктенетін жасушалар санының өзгеруі

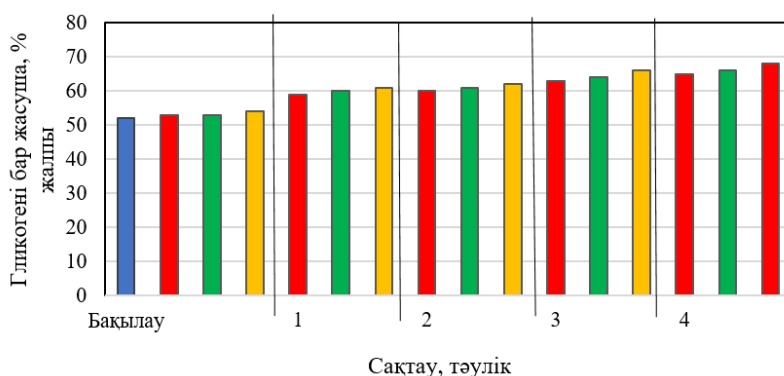


Сурет 3А – Тайжүзген минералының қатысуымен ашытқыларды су қабатының астында сақтау кезінде өлі жасушалар санының өзгеруі

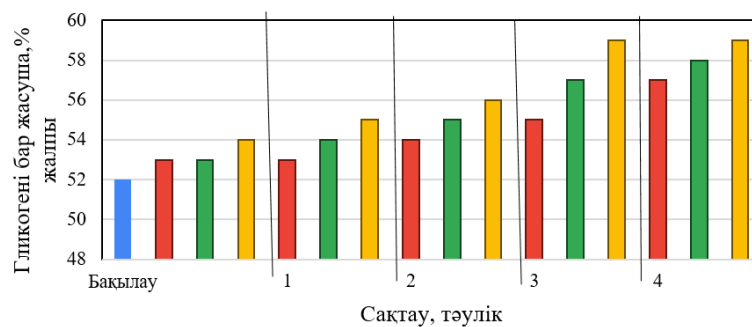


Сурет 3Б – Шанқанай минералының қатысуымен ашытқыларды су қабатының астында сақтау кезінде өлі жасушалар санының өзгеруі

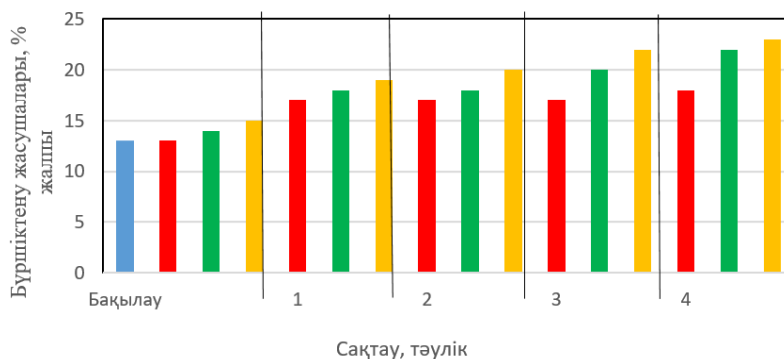
Ашытқыны туф қосылған сыра суслосының сақтау қоректік орта құрамының дақыл сапасына әсер ету пайдасын жоғарылатады. Егер зерттеуде инкубацияның соңына қарай гликогені бар микроорганизмдердің саны алғашқы мөлшермен салыстырмалы түрде шамалы (4%-ға) өссе, онда минералдарды енгізу кезінде өсім 9-дан 32%-ға дейін құрады (сурет 4А-4Б). Осы кезге дейін зерттеу үлгісіндегі белсенді көбейетін микроорганизмдердің концентрациясы алғашқы санға қатысты 1,2 есе, ал туфтарды пайдалану арқылы 1,3-1,9 есе жоғарылайды (сурет 5А-5Б). Тәжірибелі нұсқалардағы өлі микроорганизмдердің мөлшері үлкен көлемде төмендейді (19-63%) (сурет 6А-6Б).



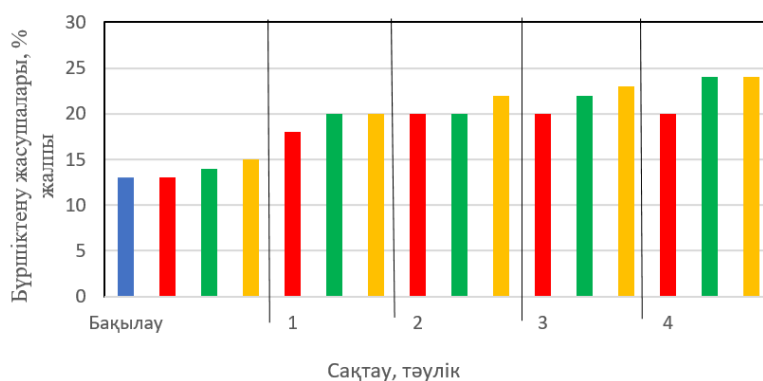
Сурет 4А – Тайжүзген минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



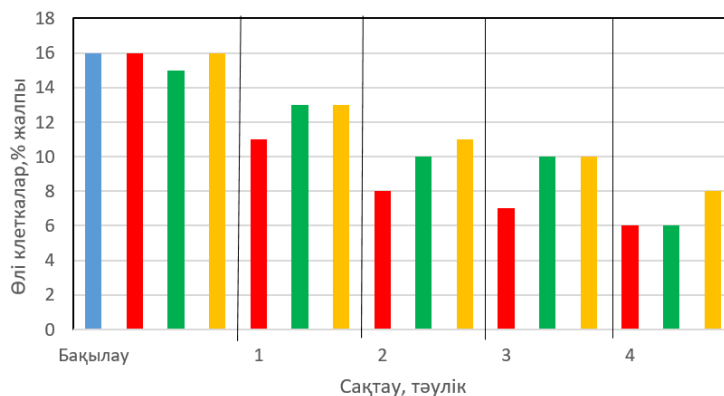
Сурет 4Б – Шанқанай минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



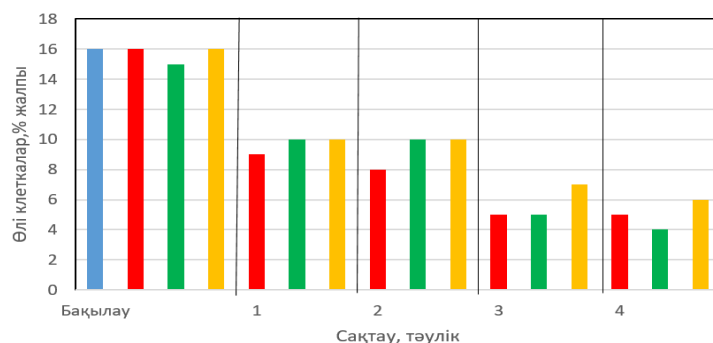
Сурет 5А – Тайжүзген минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде бұршіктену жасушаларының санының өзгеруі



Сурет 5Б – Шанқанай минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде бұршіктену жасушаларының санының өзгеруі

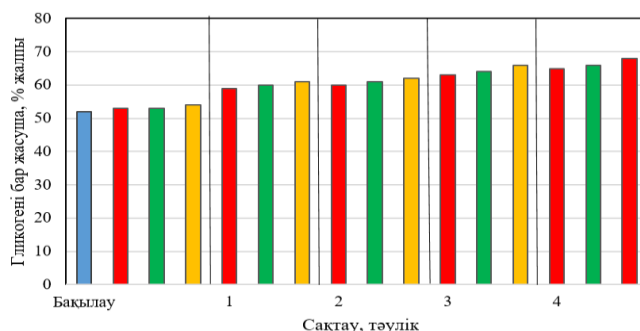


Сурет 6А – Тайжүзген минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде өлі жасушаларының санының өзгеруі

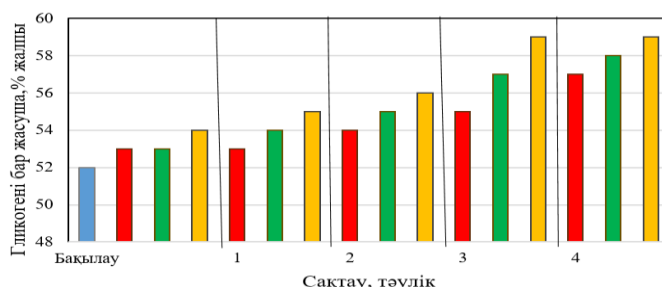


Сурет 6Б – Шанқанай минералы бар сыра суслосында ашытқыны сақтау кезінде өлі жасушаларының санының өзгеруі

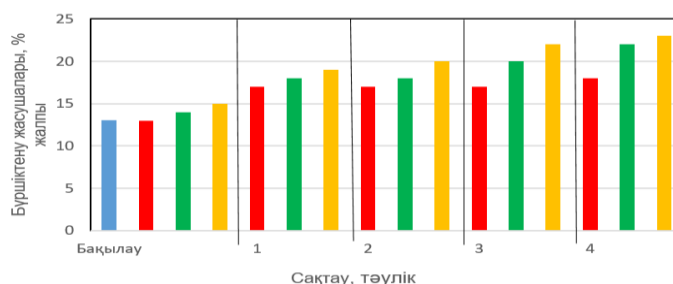
Цеолиттері бар жас сырада инкубацияланған ашытқының негізгі физиологиялық көрсеткіштерінің айырмашылығы бастапқы тәжірибелер сериясына ұқсас (сусломен), бірақ төмен дәрежеде байқалады. Резервтік көмірсуы бар микроорганизмдердің мөлшері алғашқы санмен салыстырғанда 15-38% (бақылауда 8%) (сурет 7А-7Б), бүршіктенетін жасушалар – 15-30% артады, бірақ бақылауда бұл көрсеткіш 77% төмендейді (сурет 8А-8Б). ЦТ – сыз жас сырада биомассаны сақтау мерзімінде өлі микроорганизмдердің концентрациясы күрт артады (бастапқы мәнге 1,7 есе), бірақ минералды қоспалардың болуы бұл процесті тегістейді, ал прототиптерде өміршең емес микроорганизмдердің көбеюі 12-ден 65%-ға дейін аралықты құрайды (сурет 9А-9Б).



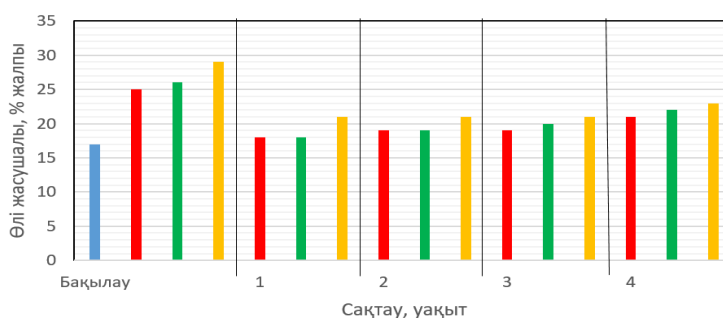
Сурет 7А – Тайжүзген минералы бар жас сырада ашытқыны сақтау кезінде гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



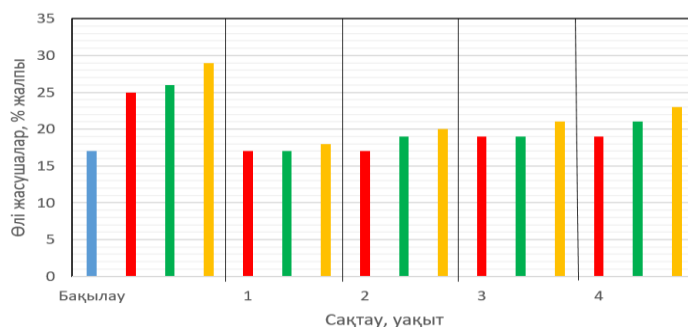
Сурет 7Б – Шанқанай минералы бар жас сырада ашытқыны сақтау кезінде гликогені бар жасушалар санының өзгеруі



Сурет 8А – Тайжүзген минералы бар жас сырада ашытқыны сақтау кезінде бүршіктену жасушалары санының өзгеруі



Сурет 9А – Тайжүзген минералы бар жас сырада ашытқыны сақтау кезінде өлі жасушалары санының өзгеруі



Сурет 9Б – Шанқанай минералы бар жас сырада ашытқыны сақтау кезінде өлі жасушалары санының өзгеруі

Суспензия ортасына қарамастан Тайжүзген цеолиті мен Шанқанайды пайдаланған уақытта гликогенмен қоректенетін, өлі микроорганизмдердің белсенді түрде өсетін жасушаларының құрамындағы маңызды өзгерістер байқалады. Барлық нұсқаларда минерал көлемінің көбеюі ашытқылардың талданатын көрсеткіштерін айтарлықтай өзгертеді, әсіресе суспензия мөлшеріне 2-4% аралығында байқалады. Сондықтан цеолит дозаларының осы аралығында қосымша зерттеулер жасалды.

Флокуляция сыра қайнату технологиясында едәуір мәнге ие, себебі бұл процесс сыраны ақшылдатуға және негізгі ашытудың соңында ашытқыны жинауға оңтайлы ықпал орнатуға, сонымен қатар ашыту барысы мен дайын сусынды кейіннен сүзуге жағдай етеді.

Ашытқының флокуляция қасиетіне ішкі және сыртқы аспектілер әсер етеді. Ашытқының генетикалық табиғаты ішкіге жатады. Дегенмен, мәдениеттің флокуляциялық қасиеті көбіне сыртқы факторлармен анықталады: ашыту қоректік ортасының құрамы, дақылдық ашытқыны орнату белсенділігі, негізгі ашыту және ашыту температурасы, аэрация және т.б.

Қорытынды

Сонымен, жасалған бақылаулар Қазақстанның көптеген кен орындарының цеолиті бар туфтарын ашыту процесі басталғанға дейін сақтау кезеңінде дақылдық өнімнің керексіз айырмашылықтарының алдын алу үшін қолдану мүмкіндігі туралы айтуға мүмкіндік береді. Инкубациялық ортаға бейорганикалық заттарды орнату ашытқылардың физиологиялық-биохимиялық көрсеткіштерін жақсартады, бүршіктенетін микроорганизмдердің 1,2–2,5 есе, құрамында гликоген бар жасушалардың – алғашқы санымен салыстырғанда 9-дан 85% - ға дейін көбеюіне, ферменттердің белсенділігін бақылауға қатысты және туфтың шығу тегіне, қоректік ортаның құрамына және сақтау ұзақтығына байланысты 25-85% - ға жоғарылауына ықпалын тигізді. Цеолиттердің қатысуымен ашытқының физиологиялық көрсеткіштерінің өзгешелуі жас мәдениетке қарағанда ересек үшін айтарлықтай көрінеді. Тайжүзген цеолиті мен Шанқанай туфтары ашытқы популяциясына, әсіресе қоректік заттар жетіспейтін ортада (су, жас құлмақты сусын) суспензия кезінде пайдалы әсер ететіне көз жеткізілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Blanco C.A. Low alcohol Beers: Flavor Compounds, Defects, and Improvement Strategies [Electronic resource] / C.A. Blanco, C. Andrés-Iglesias, O. Montero // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – Vol. 56 (8). – P. 1379-1388. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.733979>.

2. Mangindaan D. Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future. Review / D. Mangindaan, K. Khoiruddin, I.G. Wenten // Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 71. – P. 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>.
3. Bellut K. Chance and Challenge: NonSaccharomyces Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review / K. Bellut, E.K. Arendt // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2019. – Vol. 77(2). – P. 77-91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>.
4. Mrakia gelida in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain / G. De Francesco et al // Food Microbiology. – 2018. – № 76. – P. 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>.
5. Martyanova O.V. Model of an assessment of efficiency of import substitution in the conditions of uncertainty on the basis of final probabilities of system / O.V. Martyanova // Domestic science during an era of changes: postulates of the past and theory of modern times: The collection of scientific articles following the results of the XIV International scientific and practical conference Yekaterinburg, on October 09-10, 2015, Yekaterinburg: National association of scientists, Monthly scientific magazine. – 2015. – Part 2, № 9(14). – P. 68-74.
6. Exercise and alcohol consumption: what we know, what we need to know, and why it is important / J.L. Leasure et al // Frontiers in Psychiatry/ – 2015. – № 6. – P. 156. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2015.00156>.
7. Holienčinová M. Spotrebiteľské správanie na trhu alkoholických nápojov / M. Holienčinová // Paper presented at the meeting of Faculty of Business Economics of the University of Economics in Bratislava with seat in Košice. – Košice, 2013.
8. Құлмақты сусын өндіруге арналған жаңа ашытқы штаммы / А.К. Ахметжанова и др. // ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии», Микробиология и вирусология. – 2023. – № 4(43). – С. 133-139.
9. Пермьякова Л.В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей / Л.В. Пермьякова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т.42, № 3. – С.46-55.
10. Tzia C. Zeolites in Food Processing Industries / C. Tzia, A.A. Zorpas // Handbook of Natural Zeolites; Bentham Science Publishers. – 2012. – P. 601-651.

References

1. Blanco C.A. Low alcohol Beers: Flavor Compounds, Defects, and Improvement Strategies [Electronic resource] / C.A. Blanco, C. Andrés-Iglesias, O. Montero // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – Vol. 56 (8). – P. 1379-1388. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.733979>. (In English).
2. Mangindaan D. Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future. Review / D. Mangindaan, K. Khoiruddin, I.G. Wenten // Trends in Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 71. – P. 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>. (In English).
3. Bellut K. Chance and Challenge: NonSaccharomyces Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review / K. Bellut, E.K. Arendt // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2019. – Vol. 77(2). – P. 77-91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>. (In English).
4. Mrakia gelida in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain / G. De Francesco et al // Food Microbiology. – 2018. – № 76. – R. 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>. (In English).
5. Martyanova O.V. Model of an assessment of efficiency of import substitution in the conditions of uncertainty on the basis of final probabilities of system / O.V. Martyanova // Domestic science during an era of changes: postulates of the past and theory of modern times: The collection of scientific articles following the results of the XIV International scientific and practical conference Yekaterinburg, on October 09-10, 2015, Yekaterinburg: National association of scientists, Monthly scientific magazine. – 2015. – Part 2, № 9(14). – P. 68-74. (In English).
6. Exercise and alcohol consumption: what we know, what we need to know, and why it is important / J.L. Leasure et al // Frontiers in Psychiatry/ – 2015. – № 6. – R. 156. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2015.00156>. (In English).
7. Holienčinová M. Spotrebiteľské správanie na trhu alkoholických nápojov / M. Holienčinová // Paper presented at the meeting of Faculty of Business Economics of the University of Economics in Bratislava with seat in Košice. – Košice, 2013. (In English).

8. Құлмақты susyn endiruge arnalған zhaңa ashыtky shtammy / A.K. Akhmetzhanova i dr. // TOO «Nauchno-proizvodstvennyi tsentr mikrobiologii i virusologii», Mikrobiologiya i virusologiya. – 2023. – № 4(43). – S. 133-139. (In Kazakh).
9. Permyakova, L.V. Klassifikatsiya stimulyatorov zhiznennoi aktivnosti drozhzhei / L.V. Permyakova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2016. – T.42, № 3. – S.46-55. (In Russian).
10. Tzia C. Zeolites in Food Processing Industries / C. Tzia, A.A. Zorpas // Handbook of Natural Zeolites; Bentham Science Publishers. – 2012. – R. 601-651. (In English).

А.К. Ахметжанова^{1*}, А.И. Изтаев¹, Г.И. Байгазиева¹, С.М. Шинтасова¹, Людек Гривна²

¹Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, город Алматы, ул. Толе би, 100

²Университет Менделя,
613 00, Чешская республика, Брно қаласы, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever
*e-mail: aytowa@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПРОПАГАЦИИ КУЛЬТУРЫ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ

В настоящее время многие пивоваренные заводы испытывают трудности при хранении пивных производственных дрожжей до начала следующего цикла брожения, так как не всегда удается выдержать соответствующие параметры, из-за чего понижаются микробиологические показатели штаммов. Поэтому микробиологи используют множество способов чтобы создать оптимальные условия для улучшения этих показателей. В данной работе исследуется возможность применения природных цеолитсодержащих туфов месторождений Восточного-Казахстана и Алматинской области с целью предотвращения отрицательных изменений физиолого-биохимических свойств семенных дрожжей на стадии хранения в дрожжанке. Объект изучения – производственные дрожжи низового брожения расы 11 и 44. Дрожжи культивировали в промывной воде, молодом пиве или 11%-ном пивном сусле (1:1), вносили цеолит в количестве 1-4% к объему суспензии и хранили в течение 3 суток при температуре 3-4°C. Установлено, что добавление минералов в среду культивирования дрожжей повышает содержание в биомассе по отношению к исходному значению почкующихся клеток в 1,2-2,5 раза, клеток с наличием гликогена – от 9 до 85%, снижает способность к флокуляции. Воздействие минералов эффективнее на дрожжи шестой и восьмой генерации, чем на молодую популяцию (четвертой генерации). Результативность влияния зависит от состава среды культивирования, длительности хранения биомассы, дозы цеолита. Более существенные изменения исследуемых показателей наблюдаются при использовании Тайжузгенского минерала и Шанканайского, видимо это обусловлено особенностями химического состава и структуры минералов. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения природных цеолитов на этапе хранения перед процессом брожения семенной культуры как профилактической меры отрицательных изменений физиологической и биологической активности дрожжей.

Ключевые слова: дрожжи пивные семенные, хранение, среда культивирования, природные цеолиты, физиологическое состояние, способность к флокуляции, генерация дрожжей.

A.K. Akhmetzhanova^{1*}, A.I. Iztaev¹, G.I. Baigazieva¹, S.M. Shintassova¹, Ludek Hrivna²

¹Almaty Technological University, Almaty,
050012, Kazakhstan, Almaty, st. Tolebi, 100

²Mendel University,
613 00, Czech Republic, Brno, Zemědělská 1665, Černá Pole, 613 00 Brno-sever
*e-mail: aytowa@mail.ru

APPLICATION OF NATURAL ZEOLITES OF KAZAKHSTAN FOR PROPAGATION OF BREWER YEAST CULTURE

Currently, many breweries experience difficulties in storing brewer's production yeast until the next fermentation cycle begins, since it is not always possible to maintain the appropriate parameters, which leads to a decrease in the microbiological characteristics of the strains. Therefore, microbiologists use many methods to create optimal conditions for improving these indicators. This work explores the possibility of using natural zeolite-containing tufts from deposits in East Kazakhstan and the Almaty region in order to prevent negative changes in the physiological and biochemical properties of seed yeast at the stage of storage in yeast. The object of study is bottom-fermenting production yeast of races 11 and 44. The yeast was cultivated in wash water, young beer or 11% beer wort (1:1), zeolite was added in an amount of 1-4% of the suspension volume

and stored for 3 days at a temperature of 3-4°C. It has been established that the addition of minerals to the yeast cultivation medium increases the content in the biomass relative to the initial value of budding cells by 1,2-2,5 times, cells with glycogen – from 9 to 85%, and reduces the ability to flocculate. The effect of minerals is more effective on yeast of the sixth and eighth generations than on the young population (fourth generation). The effectiveness of the influence depends on the composition of the cultivation medium, the duration of biomass storage, and the dose of zeolite. More significant changes in the studied parameters are observed when using the Taizhuzgen and Shankanai minerals, apparently this is due to the peculiarities of the chemical composition and structure of the minerals. The results obtained indicate the advisability of using natural zeolites at the storage stage before the fermentation process of seed crops as a preventive measure of negative changes in the physiological and biological activity of yeast.

Key words: brewer's yeast, storage, cultivation medium, natural zeolites, physiological state, flocculation ability, yeast generation.

Авторлар туралы мәліметтер

Айдана Керімбекқызы Ахметжанова* – «Биотехнология» мамандығының докторанты, Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: aytowa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-8241>.

Ауелбек Изтаевич Изтаев – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, академик НАН РК, Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: auelbekking@mail.ru.

Гульгайша Ильясовна Байгазиева – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының қауымдасқан профессоры, биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4767>.

Саида Мурадовна Шинтасова – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының ассистент-профессоры, PhD доктор, Алматы Технологиялық университеті; e-mail: saida_atu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6269-4675>.

Людек Гривна – профессор, техника ғылымдарының докторы, Мендель Университеті, Брно, Чехия; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

Сведения об авторах

Айдана Керімбекқызы Ахметжанова* – докторант по специальности «Биотехнология», Алматинский Технологический университет, Казахстан; e-mail: aytowa@mail.ru.

Ауелбек Изтаевич Изтаев – профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», академик НАН РК. Алматинский Технологический университет, Казахстан; e-mail: auelbekking@mail.ru.

Гульгайша Ильясовна Байгазиева – ассоциированный профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», кандидат биологических наук, доцент, Алматинский Технологический университет, Казахстан; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru.

Саида Мурадовна Шинтасова – ассистент-профессор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», доктор PhD, Алматинский Технологический университет, Казахстан; e-mail: saida_atu@mail.ru.

Людек Гривна – профессор, доктор технических наук, Университет Менделя, Брно, Чехия; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

Information about the authors

Aidana Kerimbekki Akmetzhanova* – doctoral student in the specialty «Biotechnology», Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: aytowa@mail.ru.

Auelbek Iztaev – professor of the Department of «Technology of Bakery Products and Processing Industries», Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: auelbekking@mail.ru.

Gulgaisha Iliasovna Baigazieva – associate professor of the department «Technology of bakery products and processing industries», candidate of biological sciences, associate professor. Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: bgulgaishailias@mail.ru.

Saida Muradovna Shintassova – assistant-professor of the department «Technology of bakery products and processing industries», PhD Doctor, Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: saida_atu@mail.ru.

Ludek Hryvna – Professor, Doctor of Technical Sciences, Mendel University, Brno, Czech Republic; e-mail: hrivna@mendelu.cz.

Редакцияға енуі 16.10.2024
Өңдеуден кейін түсуі 02.12.2024
Жариялауға қабылданды 08.01.2025

Қ.Р. Қырықбай*, А.А. Жельдыбаева, Ш.С. Аманова, Н. Ерланқызы

Алматы Технологиялық Университеті

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Фурката көшесі 384/4

*e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com

КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ БИОЫДЫРАЙТЫН ТАҒАМ ҚАПТАМАЛАРЫ

Аңдатпа: Бұл мақалада крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамаларының әзірлену мәселелері қарастырылған. Қаптамалардың механикалық және тосқауылдық қасиеттері, биоыдырауы, сондай-ақ әртүрлі пластификаторлар мен қоспалардың әсері зерттелген. Тағам өнеркәсібіндегі қолдану перспективалары мен экологиялық артықшылықтары айтылады. Крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамалары – қоршаған ортаны қорғауда маңызды қадамдардың бірі. Көптеген дәстүрлі пластик қаптамалар табиғатта жүздеген жылдар бойы ыдырамай, экологиялық зиян тигізеді. Бұл мәселені шешу үшін ғалымдар мен инженерлер крахмал сияқты табиғи материалдарды қолдана отырып, биоыдырайтын қаптамаларды әзірлеуде. Крахмал негізіндегі қаптамалар – табиғи өсімдік өнімдері, мысалы, картоп немесе жүгері крахмалы, пластиктің орнына қолданылатын қоршаған ортаға қауіпсіз материалдар болып табылады. Олар ыдырау үшін аз уақытты талап етеді және қалдықтар қоршаған ортаға зиян келтірмейді. Мұндай қаптамалар тағам өнеркәсібінде кеңінен қолданылып келеді, себебі олар экологиялық таза әрі тиімді балама ұсынады. Сонымен қатар, крахмал негізіндегі қаптамалар биоыдырағыш болып, компосттау процесі арқылы табиғатқа қайтып оралады. Бұл технологияның басты артықшылығы — жаңартылатын ресурстардан алынуы, қалдықтардың азайып, экологиялық жүктеменің төмендеуі болып табылады. Алдағы жылдары биоыдырайтын қаптамалар нарықта дәстүрлі пластиктің орнын толық алмастыруы мүмкін.

Түйін сөздер: қаптамалар биоыдырауы, қоршаған орта, крахмал, пластификаторлар, қаптама, экологиялық таза.

Пластик материалдардың тағам қаптамасында қолданылуы қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіріп отыр. Қазіргі кезде альтернативті шешім ретінде крахмал негізіндегі биоыдырау материалдар белсенді түрде зерттелуде. Крахмал – қалпына келетін, қолжетімді және биоыдырайтын полимер, сондықтан ол қаптамалық материалдар жасау үшін тартымды базалық зат болып саналады.

Крахмал негізіндегі қаптамалар пластиктерге тиімді балама болып табылады, себебі олар биоыдыраушы және табиғатқа зиян келтірмейді. Қаптамалар әртүрлі пластификаторлар, қоспалар мен модификаторлар арқылы қасиеттерін жақсартып алады, бұл оларды азық-түлік қаптамасында қолдануға ыңғайлы етеді.

Бұл материалдың негізгі артықшылықтары – биоыдырауы, экологиялық тұрақтылығы және механикалық беріктігі. Сонымен қатар, крахмалды қаптамалардың өндірісі кезінде төмен көміртегі шығарындылары байқалады, бұл экологиялық таза өнімдердің дамуын қолдайды.

Ғылыми зерттеулердің нәтижесінде крахмал негізіндегі қаптамалардың механикалық қасиеттерін жақсарту үшін наноцеллюлоза, хитозан сияқты қоспалар енгізіледі. Бұл құрамдар қаптамалардың беріктігін арттырады және судың сіңуін төмендетеді. Сонымен қатар, антимикробтық қасиеттері бар хитозан азық-түлік өнімдерін сақтау мерзімін ұзартуға көмектеседі [1].

Крахмал негізіндегі биоыдыраушы тағам қаптамалары – экологиялық таза және тиімді материалдар, олар болашақта азық-түлік қаптамасында пластик материалдардың орнын толтыруға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары экологиялық таза және денсаулыққа зиянсыз орау материалдарына сұраныс артқан. Мұндай материалдардың бірі – крахмал негізіндегі тағамдық қаптамалар, олар пластик қаптамалардың орнына қолданылуы мүмкін. Крахмал табиғи биополимер болып табылады, ол табиғатта тез ыдырайды, бұл оның экологиялық пайдасын арттырады. Сонымен қатар, крахмалды қаптамалар адам денсаулығына зиянсыз және өнімдерді сақтау үшін өте тиімді [2, 3].

Крахмалды қаптамалардың артықшылықтары

Крахмалды қаптамалар келесі маңызды артықшылықтарға ие:

1. **Экологиялық тазалық:** Крахмал – табиғи материал, ол толықтай ыдырайды, бұл пластикалық қаптамалардың қоршаған ортаға тигізетін теріс әсерін азайтады.

2. **Қауіпсіздік:** Пластик қаптамалардан айырмашылығы, крахмалды қаптамалар зиянды химиялық заттар шығармайды және олар тамақпен байланыста болғанда қауіпсіз болып табылады.

3. **Өнімдерді сақтау қасиеттері:** Крахмалды қаптамалар жоғары барьерлік қасиеттерге ие, олар өнімдерді ылғалдан, оттегіден және ластаушы заттардан қорғайды, осылайша өнімдердің сақтау мерзімін ұзартады.

4. **Ыңғайлылық және икемділік:** Крахмалды қаптамалар әртүрлі қасиеттермен жасалуы мүмкін, бұл оларды әртүрлі тағамдармен, мысалы, нан-тоқаш өнімдері, көкөністер және жемістер сияқты өнімдермен орау үшін тиімді етеді.

Крахмалды қаптамалардың қасиеттерін жақсарту үшін әртүрлі қоспалар қолданылады. Наноцеллюлоза, хитозан және өсімдік майлары сияқты қоспалар қаптамалардың механикалық беріктігін және судың сіңірілуін төмендетеді [4].

Тағам өнеркәсібіндегі қолданылуы:

Крахмалды қаптамалар жеміс-жидек, көкөніс, нан өнімдерін қаптауда кеңінен қолданылады. Олардың мөлдірлігі мен икемділігі бұл материалдарды тиімді етеді.

Кестеде 1 көргеніміздей крахмалды қаптамалар экологиялық таза шешім ретінде пластикалық қаптамаларды азайтуға көмектеседі. Крахмалды өсімдік материалдарынан алынатын өнімдер қоршаған ортаға зиянсыз және қалдықтардың азаюына ықпал етеді.

Кесте 1 – Крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамаларының қасиеттері

Қасиеттері	Артықшылықтары
– Биоыдырау	– Экологиялық таза
– Қолдану мүмкіндігі	– Қалдықтарды азайту
– Механикалық қасиеттері	– Қалдықсыз өндіріс
– Төзімділік	– Қайта қолдану мүмкіндігі

Перспективалар:

Қазіргі зерттеулер крахмалды қаптамалардың қасиеттерін оңтайландыруға, өндіру құнын төмендетуге және пайдаланудың ауқымын кеңейтуге бағытталған. Бұл дамулар нарықта биоыдырайтын материалдардың қолданылуын арттыруға ықпал етеді [5, 6].

Крахмалды қаптамалар қоршаған ортаға жағымсыз әсер ететін пластикалық қаптамаларға балама болып табылады. Олардың биоыдырауы мен экологиялық артықшылықтары тағам өнеркәсібінде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Қосымша зерттеулер бұл материалдардың қасиеттерін жақсарту мен тұрақты даму жолдарын іздеуге бағытталған.

Биоыдырау қасиеттері мен техникалық жетілдірулер:

Крахмалды қаптамалардың биоыдырауы олардың экологиялық таза болуына мүмкіндік береді. Қаптамалардың толық ыдырауы топырақтағы микроорганизмдер әсерінен жүреді және зақымсыз болып саналады. Алайда, материалдың құрамына енгізілетін қосылыстар, мысалы, наноцеллюлоза, хитозан және синтетикалық модификаторлар биоыдырауының ұзақ кезеңін баяулатады [7].

Құрылымы мен қолданылуы:

Крахмалды қаптамалар азық-түлікті сақтау және оларды ұзақ уақыт қорғайтын ыдырауға қабілетті табиғи өнім ретінде дамуда. Бұл материалдар негізінен келесі мақсаттарда қолданылады:

- Жемістер мен көкөністерді қаптау: Ылғал мен микроорганизмдерден қорғау үшін.
- Нан өнімдері мен кондитерлік өнімдерді қаптау: Сапасын ұзақ сақтау үшін.

Экологиялық артықшылықтары:

Крахмалды қаптамалар өндіріс барысында пластикалық материалдарға қарағанда төмен мөлшерде CO₂ шығарындыларын шығаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, тұрақты шикізат көздері – жүгері, картоп және тапиока – оларды ұзақ мерзімді экологиялық таза шешімге айналдырады [8].

Крахмалды қаптамалардың экологиялық артықшылықтары:

- Қалдықтардың азаюы;
- Қоршаған ортаға аз зиян;
- Табиғи ресурстардың тиімділігі.

Крахмалды қаптамаларды жасау үшін әртүрлі рецептуралар қолданылады. Бұл рецептуралар крахмалды қаптамалар жасау үшін қолданылатын негізгі қоспалар мен процестерді қамтиды. Қаптамалардың құрылымын, икемділігін және беріктігін қамтамасыз ету үшін түрлі компоненттер мен пропорциялар қолданылуы мүмкін. Әрбір рецепт нақты мақсатқа сәйкес реттеліп, экологиялық таза, биоыдырайтын қаптамалар алуға мүмкіндік береді [9, 10].

Төменде бірнеше үлгілер қарастырған, оның ішінде ең тиімді және жақсы үлгілер таңдалады.

Үлгі 1: Крахмал + глицерин + тұз (сурет 1).

Глицеринді қосу қаптаманың созылмалығын арттырады, бұл оның жарылып кетуін болдырмайды. Бұл құрамдас қаптаманы икемді етеді, бірақ оның барьерлік қасиеттері әлі де төмен болып қалады.



Сурет 1 – Үлгі № 1 жасалу барысы

Үлгі 2: Крахмал + сода + су

Бұл ең қарапайым рецепт, мұнда тек крахмал мен тұз, сода қолданылады. Су крахмалды ерітіп, қою масса түзеді, оны қаптамаға созып жасауға болады. Бірақ мұндай қаптамалардың беріктігі төмен және ылғалға қарсы қасиеттері аз, сондықтан олардың қолданылуы шектеулі.

Үлгі 3: Крахмал + сірке суы + су + глицерин

Әр компоненттің рөлі келесідей:

1. Крахмал – қаптаманың негізі. Крахмал табиғи полимер ретінде қатты құрылымды қамтамасыз етеді және қаптаманың беріктігін арттырады. Крахмал су мен сірке суымен әрекеттесіп, белгілі бір консистенция мен текстураны қалыптастырады.

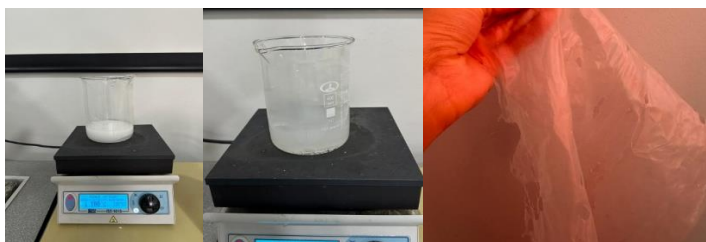
2. Сірке суы – крахмалдың желатиндену процесін жеңілдетеді. Ол крахмал молекулаларының бір-біріне жақындауына және берік құрылымның пайда болуына көмектеседі. Сондай-ақ, сірке суы қаптаманың қышқылдық қасиетін реттейді.

3. Су – қоспаның сұйық күйде болуын қамтамасыз етеді және компоненттерді араластыруға мүмкіндік береді. Су крахмалды ерітіп, оның желатинденуіне ықпал етеді.

4. Глицерин – қаптаманың икемділігін қамтамасыз етеді. Бұл зат материалды серпімді және созылмалы етеді, сондықтан қаптама сынбайды немесе жарылмайды. Глицерин сонымен қатар қаптаманың ылғалды ұстап тұру қабілетін арттырады.

Осындай қоспа нәтижесінде пайда болатын крахмалды қаптама жеңіл, экологиялық таза және биоыдырайтын болады. Ол түрлі қолданымдарда, мысалы, азық-түлік орауыштарында, косметикада немесе басқа да экологиялық таза өнімдерде пайдаланылуы мүмкін.

Үлгі 4: Крахмал + сірке суы + су(2х) + глицерин(2х) (сурет 2).



Сурет 2 – Үлгі № 4 жасалу барысы

Крахмалды қаптама жасау үшін құрамында крахмал, сірке суы, су және глицерин қолданылған кезде, әр компоненттің өзара әсері мен рөлі өзгереді. Әсіресе су мен глицериннің екі есе көп болуы материалдың қасиеттерін айтарлықтай өзгертеді.

Су мөлшерінің екі есе көп болуы крахмалдың еру және желатиндену процесін жеңілдетеді. Су материалдың консистенциясын сұйылтады, бұл қаптаманың құрылымын

жұмсақ әрі икемді етеді. Сонымен қатар, су крахмал мен сірке суын жақсы араластырып, гомогенді қоспа жасауға мүмкіндік береді.

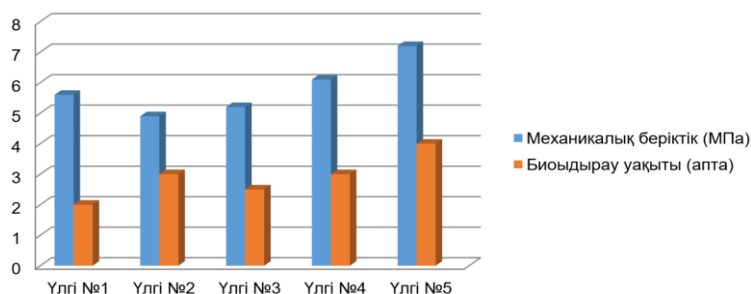
Глицериннің екі есе көп болуы қаптаманың икемділігін және созылғыштығын айтарлықтай арттырады. Бұл компонент қаптаманың қатты болып қалмауын және оңай үзілуін болдырмауға көмектеседі. Глицерин сондай-ақ ылғалдың ұсталуы мен пластикалық қасиеттерді жақсартады, нәтижесінде қаптама серпімді әрі икемді болады.

Нәтиже: Су мен глицериннің екі есе көп болуы крахмалды қаптаманың жұмсақ әрі икемді болуын қамтамасыз етеді. Бұл қаптама өте созылғыш және көп механикалық күшке төтеп береді, бірақ көп су мен глицериннің болуы материалдың құрылымын сәл жұмсартып, оның беріктігін төмендетуі мүмкін. Осындай қаптама экологиялық таза өнім ретінде пайдалануға өте қолайлы болып табылады, мысалы, азық-түлік орауыштары немесе басқа да өнімдер.

Үлгі 5: Крахмал + су + глицерин

Крахмалды қаптама – бұл экологиялық таза материал, негізінен табиғи полимерлерден жасалған, атап айтқанда крахмал, су және глицерин қоспасынан құралады. Әр компоненттің өзара әсері қаптаманың қасиеттеріне әсер етеді.

Крахмалды қаптама, құрамында су мен глицерин бар, экологиялық таза, серпімді және ыдырайтын материал болып табылады. Бұл қаптамалар экологиялық тұрғыдан жауапты орауыштар, косметика, биопластикалар сияқты көптеген қолданымдарда қолданылады. Қаптама өте жұмсақ, әрі созылғыш болып шығады (сурет 3).



Сурет 3 – Үлгілердің механикалық беріктігі мен биоыдырау уақытын салыстыру

Кестеде 2 әртүрлі крахмал негізіндегі қаптамалардың негізгі қасиеттері мен ерекшеліктері салыстырылады.

Кесте 2 – Крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамаларының рецептуралары және қасиеттері

№	Рецептура	Механикалық беріктік (МПа)	Биоыдырау уақыты (апта)	Пластификаторлар	Тосқауылдық қасиеттер
1	Крахмал + глицерин + тұз	5,6	2	Глицерин, тұз	Нашар, суда ерімейді, ісінеді, беріктігі төмен
2	Крахмал + сода + су	4,9	3	Сода, су	Орташа, майлы тағамдар үшін жарамды
3	Крахмал + сірке суы + су + глицерин	5,2	2,5	Сірке суы, глицерин, су	Жақсы, суда ісінеді
4	Крахмал + сірке суы + су(2x) + глицерин(2x)	6,1	3	Сірке суы, глицерин, су	Жақсы, су өткізбейтін, тағамдар үшін жарамды
5	Крахмал + су + глицерин	7,2	4	Глицерин, су	Жақсы, ылғалға төзімді, тағамдар үшін жарамды

Бұл салыстырмалы кесте әртүрлі рецептуралар бойынша крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамаларының ерекшеліктерін айқындайды және олардың қолданылу салаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Ең тиімді үлгілер: 4 және 5.

Жоғарыда аталған рецептердің ішінде 4 және 5 рецептуралары ең тиімді болып саналады. Себебі бұл қаптамалар жақсы барьерлік қасиеттерге ие және өнімдерді сыртқы факторлардан қорғап, сақталуын ұзартуға мүмкіндік береді.

4-рецепт бойынша (крахмал + сірке суы + су + глицерин) дайындалған қаптамалар берік және созылмалы, бұл оларды әртүрлі тағамдарды орауға қолдануға мүмкіндік береді. Мысалы, ет және сүт өнімдері, көкөністер мен жемістер үшін өте қолайлы. Ал 5-рецепт бойынша (крахмал + су + глицерин) қаптамалар жемістер, жидектер және нан өнімдері сияқты ылғалды сақтауды талап ететін тағамдарды орау үшін өте тиімді.

Қорытынды

Крахмалды қаптамалар экологиялық таза және адам денсаулығына зиянсыз өнімдер орау үшін тиімді шешім болып табылады. Мұндай қаптамалар өнімдердің сақталуын ұзартуға және қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтуға көмектеседі. Крахмал мен глицерин қосылған рецептілер ең тиімді болып табылады, өйткені олар қаптаманың құрылымын жақсартады және оны сыртқы әсерлерден қорғайды, осылайша тағамдардың сақталуын қамтамасыз етеді.

Крахмал негізіндегі биоыдырайтын тағам қаптамалары экологиялық таза балама ретінде қазіргі таңдағы пластикалық қаптамаларды алмастыруда үлкен әлеуетке ие. Бұл технология табиғи, жаңартылатын ресурстардан алынған материалдарды қолдануға негізделген және олар қоршаған ортаға зиянсыз ыдырайды. Әр түрлі крахмал түрлерін пайдалану арқылы алынған биоыдырайтын қаптамалар әртүрлі қасиеттерге ие, мысалы, механикалық беріктік, тосқауылдық қасиеттер мен биоыдырау уақытын реттеу мүмкіндігі бар.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, картоп крахмалы мен жүгері крахмалы негізіндегі қаптамалар экологиялық тұрғыдан тиімді және табиғатта тез ыдырайды. Сонымен қатар, қосымша пластификаторлар мен қоспалардың мөлшері қаптаманың механикалық қасиеттерін жақсартуға әсер етеді. Мысалы, глицерин мен сірке суы сияқты пластификаторлар қаптаманың икемділігін арттырады, бірақ олардың тосқауылдық қасиеттері мен ұзақ сақталу қабілеті әртүрлі болады.

Алдағы уақытта крахмал негізіндегі биоыдырайтын қаптамалардың өндірісі мен қолдану аясын кеңейту экологиялық жағдайды жақсартуға, пластикалық қалдықтардың мөлшерін азайтуға және табиғатқа зиян келтіретін өнімдерді алмастыруға көмектеседі. Бұл технологияның басты артықшылығы – қалдықтардың қайта өңделіп, табиғатқа зиян келтірмей ыдырауы, әрі тұрақты және жаңартылатын ресурстардан өндірілетіндігі.

Жалпы, крахмал негізіндегі биоыдырайтын қаптамалар тағам өнеркәсібінде тиімді әрі экологиялық таза шешім ретінде кеңінен қолданыла алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Айтжанова А.А. Биоразлагаемые пищевые пленки: современные тенденции и перспективы / А.А. Айтжанова // Тезисы докладов XII Всероссийской научной конференции с международным участием и школой молодых ученых. – 2020.
2. Иванов С.В. Крахмальные пленки: свойства и возможности применения / С.В. Иванов // Журнал сельскохозяйственных наук. – 2019. – № 15(4). – С. 45-52.
3. Кузнецова Н.А. Биоразлагаемые материалы: свойства и экологическое значение / Н.А. Кузнецова // Экологические исследования. – 2018. – № 12(3). – С. 123-133.
4. Петров Д.В. Физико-механические свойства крахмальных биополимеров / Д.В. Петров // Химические технологии. – 2017. – № 20(6). – С. 78-86.
5. Сидорова Л.М. Биоразлагаемые пленки: новые технологии и достижения / Л.М. Сидорова // Проблемы охраны окружающей среды. – 2021. – № 18(5). – С. 56-64.
6. Reddy A.P. Starch-based biodegradable food packaging materials: Development, properties, and environmental impact / A.P. Reddy, K. Karthikeyan // Journal of Environmental Management. – 2019. – № 234. – P. 56-72.
7. Кумар С. Биоразлагаемые плёнки и покрытия на основе крахмала для упаковки пищевых продуктов. / С. Кумар, А. Раджендран // Международный журнал биологических макромолекул. – 2018. – № 115. – С. 162-177.
8. Kaur G. Development of biodegradable starch-based packaging materials: A review / G. Kaur, M. Yadav // Polymers for Advanced Technologies. – 2021. – № 32(5). – P. 1638-1651.
9. Jadhav S.D. Starch-based bioplastics and their potential applications in food packaging / S.D. Jadhav, S.P. Shinde // Biodegradable Polymers in Food Packaging Applications. – 2017. – P. 89-102.
10. Садеги К. Биоразлагаемые упаковочные материалы для пищевых продуктов на основе крахмала: обзор / К. Садеги, М. Калантари // Пищевая наука и технология. – 2020. – № 57(4). – С. 1325-1339.

References

1. Aitzhanova A.A. Biorazlagaemye pishchevye plenki: sovremennye tendentsii i perspektivy / A.A. Aitzhanova // Tezisy dokladov XII Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem i shkoi molodykh uchenykh. – 2020. (In Russian).
2. Ivanov S.V. Krakhmal'nye plenki: svoystva i vozmozhnosti primeneniya / S.V. Ivanov // Zhurnal sel'skokhozyaistvennykh nauk. – 2019. – № 15(4). – S. 45-52. (In Russian).
3. Kuznetsova N.A. Biorazlagaemye materialy: svoystva i ehkologicheskoe znachenie / N.A. Kuznetsova // Ehkologicheskie issledovaniya. – 2018. – № 12(3). – S. 123-133. (In Russian).
4. Petrov D.V. Fiziko-mekhanicheskie svoystva krakhmal'nykh biopolimerov / D.V. Petrov // Khimicheskie tekhnologii. – 2017. – № 20(6). – S. 78-86. (In Russian).
5. Sidorova L.M. Biorazlagaemye plenki: novye tekhnologii i dostizheniya / L.M. Sidorova // Problemy okhrany okruzhayushchei sredy. – 2021. – № 18(5). – S. 56-64. (In Russian).
6. Reddy A.P. Starch-based biodegradable food packaging materials: Development, properties, and environmental impact / A.P. Reddy, K. Karthikeyan // Journal of Environmental Management. – 2019. – № 234. – R. 56-72. (In English).
7. Kumar S. Biorazlagaemye plenki i pokrytiya na osnove krakhmala dlya upakovki pishchevykh produktov. / S. Kumar, A. Radzhendran // Mezhdunarodnyi zhurnal biologicheskikh makromolekul. – 2018. – № 115. – S. 162-177. (In Russian).
8. Kaur G. Development of biodegradable starch-based packaging materials: A review / G. Kaur, M. Yadav // Polymers for Advanced Technologies. – 2021. – № 32(5). – R. 1638-1651. (In English).
9. Jadhav S.D. Starch-based bioplastics and their potential applications in food packaging / S.D. Jadhav, S.P. Shinde // Biodegradable Polymers in Food Packaging Applications. – 2017. – R. 89-102. (In English).
10. Sadegi K. Biorazlagaemye upakovochnye materialy dlya pishchevykh produktov na osnove krakhmala: obzor / K. Sadegi, M. Kalantari // Pishchevaya nauka i tekhnologiya. – 2020. – № 57(4). – S. 1325-1339. (In Russian).

К.Р. Кырыкбай*, А.А. Жельдыбаева, Ш.С. Аманова, Н. Ерлановна

Алматинский технологический университет

050012, Республика Казахстан, город Алматы, улица Фурката, 384/4

*e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УПАКОВКИ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА

В данной статье рассматриваются вопросы разработки биоразлагаемых упаковок для пищевых продуктов на основе крахмала. Изучены механические и барьерные свойства упаковок, их биоразложение, а также влияние различных пластификаторов и добавок. Описаны перспективы их применения в пищевой промышленности и экологические преимущества. Упаковки на основе крахмала являются важным шагом в охране окружающей среды. Многие традиционные пластиковые упаковки не разлагаются в природе на протяжении сотен лет, нанося экологический вред. Чтобы решить эту проблему, ученые и инженеры разрабатывают биоразлагаемые упаковки с использованием природных материалов, таких как крахмал. Упаковки на основе крахмала, полученные из растительных продуктов, таких как картофель или кукурузный крахмал, являются безопасными для окружающей среды заменителями пластика. Для их разложения требуется гораздо меньше времени, и они не наносят ущерба природе. Такие упаковки уже широко используются в пищевой промышленности, так как представляют собой экологически чистую и эффективную альтернативу. Кроме того, упаковки на основе крахмала биоразлагаются и через процесс компостирования возвращаются в природу. Основное преимущество этой технологии заключается в том, что она использует возобновляемые ресурсы, снижает количество отходов и уменьшает экологическую нагрузку. В будущем биоразлагаемые упаковки могут полностью заменить традиционные пластиковые упаковки на рынке.

Ключевые слова: упаковки, биоразложение, окружающая среда, крахмал, пластификаторы, упаковка, экологически чистый.

K.R. Kyrykbay, A.A. Zheldybaeva, Sh.S. Amanova, N. Erkankyzy

Almaty Technological University

050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Furkat Street 384/4

*e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com

STARCH-BASED BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING

This paper addresses the development of starch-based biodegradable food packaging. It examines the mechanical and barrier properties of the packaging, its biodegradability, and the effects of various plasticizers and additives. The prospects for their use in the food industry and ecological advantages are discussed. Starch-based biodegradable packaging is an important step in environmental protection. Many traditional plastic packaging materials do not decompose in nature for hundreds of years, causing environmental harm. To solve this problem, scientists and engineers are developing biodegradable packaging using natural materials such as starch. Starch-based packaging, derived from plant products such as potato or corn starch, is an environmentally safe alternative to plastic. These packaging materials require less time to decompose and do not harm the environment. Such packaging is already widely used in the food industry because it offers an ecological and effective alternative. Moreover, starch-based packaging is biodegradable and returns to nature through the composting process. The main advantage of this technology is that it uses renewable resources, reduces waste, and lowers ecological impact. In the future, biodegradable packaging may completely replace traditional plastic packaging in the market.

Key words: packaging, biodegradability, environment, starch, plasticizers, packaging, eco-friendly.

Авторлар туралы мәліметтер

Қарлығаш Рақымжанқызы Қырықбай – «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

Айнұр Амангельдиновна Желдібаева – Химия ғылымдарының кандидаты; «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: runia_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-4177>.

Шолпан Сапаровна Аманова – PhD, «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының сениор лекторы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Нұрай Ерланқызы – «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасының магистранты; Алматы технологиялық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: yerlanova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5007-6284>.

Сведения об авторах

Карлығаш Рақымжановна Кырықбай – магистрант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

Айнур Амангельдиновна Жельдыбаева – кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: runia_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-4177>.

Шолпан Сапаровна Аманова – PhD, сениор лектор «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Нұрай Ерланқызы – магистрант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: yerlanova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5007-6284>.

Information about the authors

Karlygash Rakymzhanovna Kyrykbay* – Master student of the Department of Food Safety and Quality; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karlygashrakymzhan.01@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1984-0291>.

Ainur Amangeldinovna Zheldybayeva – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the «Food Safety and Quality» Department, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: runia_@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2207-4177>.

Sholpan Saparovna Amanova – PhD, Senior Lecturer of the «Food Safety and Quality» Department, Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-5144>.

Nurai Erkankyzy – Master student of the Department of Food Safety and Quality; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: yerlanova@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5007-6284>.

*Редакцияға енуі 18.01.2025
Өңдеуден кейін түсуі 23.01.2025
Жариялауға қабылданды 24.01.2025*



А.Е. Абдугамитова^{1*}, А.Д. Серикбаева², Б.М. Исаков¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, 010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Жеңіс, 62

²Казахский национальный аграрный университет, 050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ КОЗ В ПЕРИОДЕ ЛАКТАЦИИ НА ФЕРМЕ «ОРДАБАСЫ MILK» ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В статье проведено исследование органолептических и физико-химических свойств козьего молока зааненской породы в разные лактационные периоды: летний, осенний и весенний. На основе анализа трёх образцов, были определены ключевые параметры молока, такие как жирность, содержание белка и лактозы, а также кислотность. Результаты показали, что в летний период жирность молока была наименьшей (4,2%), в то время как в весенний она достигала 5,0%. Также установлено, что содержание белка оставалось практически одинаковым в разные периоды (около 3,8%), а лактоза варьировалась от 3,4% в летний период до 4,06% весной.

Особое внимание уделено органолептическим характеристикам: цвет молока варьировался от бледно-желтого до желтоватого оттенка, а специфический запах козьего молока усиливался в осенний период. Это связано с изменением кормового рациона, включающего сухие корма.

Важность использования данных о физико-химических свойствах для дальнейшей переработки молока и создания продуктов высокого качества, таких как сыры. В частности, низкое содержание лактозы в козьем молоке делает его более доступным для людей с лактозной непереносимостью.

Полученные результаты могут использоваться для разработки новых технологий переработки молока в молочной промышленности Казахстана.

Ключевые слова: козье молоко, зааненская порода, физико-химические характеристики, технология, лактационный период, органолептика.

Введение

С древних времен коз выращивали только из-за молока. Переработка козьего молока имеет большое значение во многих странах, где климатические условия позволяют содержать коз. Содержание молочных коз являются жизненно важной частью национальной экономики многих стран таких как Франция, Италия, Испания и Греция [1, 2].

Козье молоко, как и другие виды молока, содержит различные питательные вещества. Козье молоко содержит витамины, минералы, микроэлементы, электролиты, ферменты, белки и жирные кислоты, которые легко усваиваются организмом, а также имеет хорошие сыропригодные свойства. Поэтому следует популяризировать осведомленность о преимуществах потребления продуктов из козьего молока, чтобы можно было увеличивать численность коз, а также производства по переработке козьего молока.

В настоящее время в Казахстане при численности населения в 19 миллионов [3] насчитывается всего 3 крупных предприятия имеющих на базе ферму и цех по переработке козьего молока. 1 – «Сарайшык» в Атырауской области, 2 – «Племенное хозяйство «Зеренда» в Акмолинской области и 3 СПК «Племенное хозяйство. Продукции козьего молока «Ордабасы» в Туркестанской области. Однако козоводство является наименее развитой животноводческой отраслью. Разведением коз в основном занимаются не крупные, а средние, мелкие фермерские и индивидуальные хозяйства без племенного статуса. В результате рынок ощущает острую нехватку племенных животных [4-6].

Потребление козьего молока в Казахстане находится на крайне низком уровне. Если в Голландии потребление козьего молока составляет 20 литров в год, то в нашей стране счет идет на граммы [7-9].

«До» появления на ферме современных технологий и «после», становится ясно, что механизация и автоматизация приносят немалую пользу – количество сырья, получаемого от молочных коз, возрастает, соответственно, повышается и эффективность ведения этого

направления животноводства [10]. Для этого одним из основных факторов развития является изучение козьего молока в Казахстане.

Для исследования козьего молока было принято решение проведение научно-исследовательской работы в одной из ферм по разведению коз и переработки козьего молока. Базой для проведения исследований послужило специализирующийся на переработке козьего молока СПК «Племенное хозяйство. Продукции козьего молока «Ордабасы Milk» в Туркестанской области, данный проект реализовался при поддержке государственной программы форсированного индустриально-инновационного развития, Ключевым направлением работы сельхозпредприятия является выращивание коз зааненской породы и переработка козьего молока. Для запуска производственный кооператив завез из Нидерландов 500 голов племенных коз зааненской породы. В отличие от казахстанских коз молочная продуктивность зааненской породы высокая. Удойность отечественных пород коз составляет 1,5–2 литра в день, а удойность зааненской породы достигает 5-6 литров [11].

Материалы и методы исследований

Для выполнения поставленной задачи научно-исследовательская работа проводилась на СПК «Племенное хозяйство. Производство козьего молока в Ордабасы» с торговой маркой «ORDABASY MILK» который расположен в Туркестанской области.

Племенные козы зааненской породы, которых использовали для исследования, находились в одинаковых условиях содержания и кормления в течении летнего (август 2023), осеннего (ноябрь 2023) и весеннего (апрель 2024), периода лактации. Пробоподготовка осуществлялась во время доения. Далее образцы маркировались и проводился органолептический анализ сырья. Для определения цвета и запаха, консистенции использовалось молоко сырье, а для определения вкуса молоко пастеризовалось. Главной отличительной чертой от коровьего молока это наличие специфического привкуса козьего молока на что влияют корма и содержание коз, и высокое содержание калия, как утверждают зарубежные ученые [4]. Следующим этапом исследовали физико-химические свойства козьего молока.

Анализ образцов молочного сырья и проводился следующими методами:

- молоко козье сырое (ГОСТ 32940-2014);
- определение жира (ГОСТ 5867-90);
- определение кислотности (ГОСТ 3624-92);
- определение плотности молока (СТ РК 1483-2005).

Физико-химические показатели молока в образцах проводили с помощью ультразвукового анализатора MILKOTESTER (Bulgaria, MASTER ECO).

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ козьего молока в разные лактационные периоды (таблица 1 и 2) показывают расхождения в соотношении основных компонентов (жир, белок, лактоза).

В ходе выполнения научно-исследовательской работы исследованы образцы козьего молока. Были подготовлены следующие образцы. Сырое козье молоко: 1- летнего (август 2023), 2-осеннего (ноябрь 2023) и 3-весеннего (апрель 2024) периода лактации. Результаты органолептических показателей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические свойства испытываемых образцов

№	Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Цвет	Бледно-желтый	Желтоватый оттенок	Желтоватый оттенок
2	Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку.	Специфический привкус козьего молока	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку.
3	Консистенция и внешний вид	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка	Однородная жидкость без осадка и хлопьев белка

Как видно из таблицы 1 органолептические показатели указывают на то, что в осенний период в козьем молоке за счет увеличения количества массовой доли жира (рис.2) цвет образца имел желтоватый оттенок и специфический привкус и запах. Тогда как в летний период козье молоко имело бледно-желтый оттенок и чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему козьему молоку. Консистенция во всех периодах лактации имела значение однородной жидкости без осадка и хлопьев белка. Дальнейшим этапом было исследование физико-химических показателей козьего молока в летний период лактации- рисунок 1, осенний период лактации -рисунок 2 и весенний период лактации – рисунок 3.

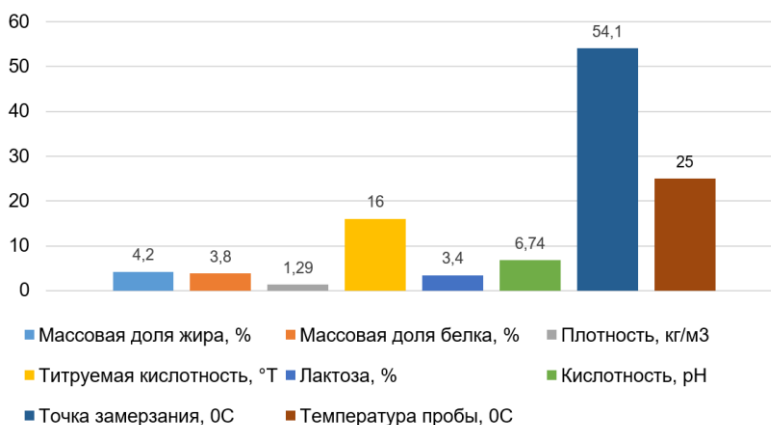


Рисунок 1 – Физико-химические показатели испытуемого образца 1

Анализируя полученные данные летнего периода лактации на рисунке 1, температура образца на момент анализа составила $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, где основные показатели показали данные такие как, массовая доля жира $4,2 \pm 0,1\%$, массовая доля белка $3,8 \pm 0,3\%$, и содержание лактозы $3,4 \pm 0,2\%$. Так как анализы проводились сразу же после дойки количество титруемой кислотности $16 \pm 1,5^{\circ}\text{T}$ (рН $6,74 \pm 0,05$), что свидетельствует о свежести молока. Данные на лактоденсиметре показали отметку $1,29 \pm 0,5 \text{ кг/м}^3$. Показатель температуры замерзания составил $54,1 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ ($-0,541^{\circ}\text{C}$). Данные с осеннего лактационного периода показаны на рисунке 2.

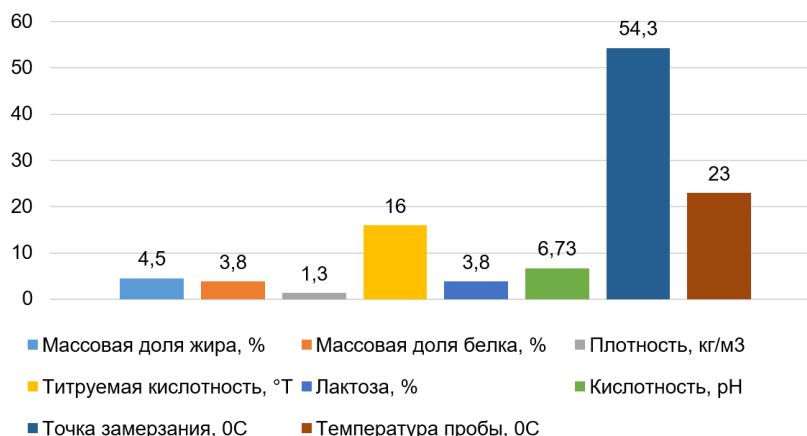


Рисунок 2 – Физико-химические показатели испытуемого образца 2

Данные осеннего периода лактации с рисунка 2 показывают значения, что на момент проведения анализа температура образцов составила $23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Отметка на жирометре остановилась на показателе $4,5 \pm 0,05\%$. Массовая доля белка в образце составила $3,8 \pm 0,3\%$, так же содержание лактозы $3,8 \pm 0,2\%$. Показатель кислотности составил $16 \pm 1,5^{\circ}\text{T}$ (рН $6,73 \pm 0,05$). Отметка лактоденсиметра показало $1,30 \pm 0,5 \text{ кг/м}^3$. Данные температуры замерзания составили $54,3 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ ($-0,543^{\circ}\text{C}$). Данные с весеннего лактационного периода показаны на рисунке 3.

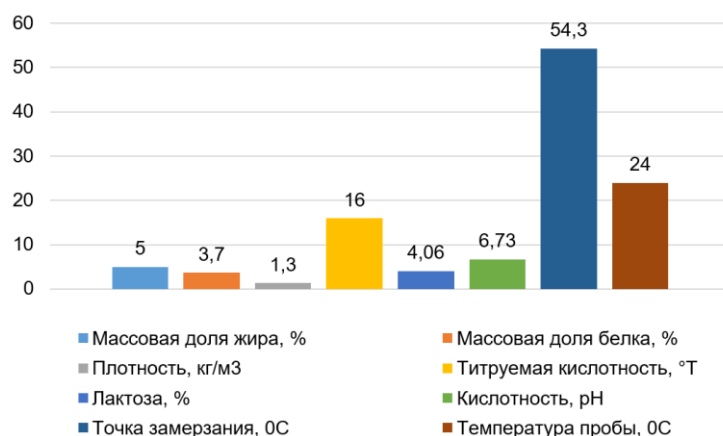


Рисунок 3 – Физико-химические показатели испытуемого образца 3

На рисунке 3 показаны данные весеннего периода лактации, где температура образцов достигла $24 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, жирность козьего молока составила $5,0 \pm 0,05\%$. Массовая доля белка в образце имела значение $3,7 \pm 0,3\%$ и лактозы $4,06 \pm 0,2\%$. Кислотность образца составило $16 \pm 1,5^{\circ}\text{T}$ (рН $6,73 \pm 0,05$). Отметка лактоденсиметра показало $1,30 \pm 0,5 \text{ кг/м}^3$. Данные температуры заморозания составили $54,3 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ ($-0,543^{\circ}\text{C}$).

Заключение, выводы

В заключении проведенных научно-исследовательских работ:

1. Исследовано козье молоко зааненской породы в летний, осенний и весенние периоды лактации на ферме, которая занимается разведением и содержанием коз и переработкой козьего молока в Туркестанской области. Определено, что лактационный период продолжается на протяжении 7-8 месяцев. Доение коз происходит 2 раза за сутки и за этот период можно получить до 4х литров молока. Средний показатель плодовитости 100-150 козлят от 100 коз-маток за окот. Время окота коз рассчитан так, чтобы на ферме в течении года не прерывалось поступление козьего молока на производство.

2. Определены органолептические показатели испытуемых образцов, где основным отличием служила разница в цвете и запахе молока в зависимости от сезонности лактации. Результатом данных послужил состав рациона. В весенний и осенний периоды лактации состав рациона усиливается сухими кормами. Решением проблемы является включение в технологическую линию аппарата для удаления запаха в молоко. Однако при производстве твердых сортов сыров именно этот вкус и является «изюминкой» по сравнению с сырами из молока других сельскохозяйственных животных, тем самым во время созревания образуя букет ароматов, свойственный сырам премиум класса.

3. Полученные данные физико-химических исследований (рис. 1, 2 и 3) помогли составить общую картину всего лактационного периода, где разница массовой доли жира в летний период показал наименьший результат ($4,2 \pm 0,1\%$), тогда как на начало ($5,0 \pm 0,1\%$) и на конец ($4,5 \pm 0,05$) лактационного периода показатель жирности был высок. За счет мелких размеров жировых шариков, по сравнению с жировыми шариками коровьего молока, козье молоко трудно поддается сепаратору и практически не нуждается гомогенизации после нормализации. Тогда как показатели массовой доли белка в летний и в осенний период лактации показали практически одинаковые значения – $3,8 \pm 0,3$ и $3,7 \pm 0,3$ соответственно. Козье молоко знаменито высоким содержанием белка, за счет чего и конечный выход сыра высок. Содержание лактозы в летний период показал минимальное значение ($3,4 \pm 0,2\%$), тогда как весенний показатель был высок ($4,06 \pm 0,2\%$) и среднее значение было у образца осеннего периода ($3,8 \pm 0,2\%$). Именно этот показатель важен для людей, страдающих лактозной непереносимостью, так как в коровьем молоке содержание лактозы выше на 1%.

4. Полученные результаты органолептических и физико-химических исследований позволяют лучше оценить козье молоко в зависимости от периода лактации и могут быть использованы для дальнейшей переработки, и при разработке новых технологий производства молочных продуктов из козьего молока.

Список литературы

1. Administration of olive cake for ewe feeding. effect on milk yield and composition / B.L. Chiafalo et al // *Small Rumin.* – 2004. – Res. 55. – P. 169-176.
2. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // *Dairy.* – 2022. – Т. 3, № 3. – P. 622-647.
3. Население Казахстана в 2022 году превысило 19 миллионов. [Электронный ресурс] URL: <https://bizmedia.kz/>. Дата обращения: 02.05.2022 г.
4. Problems and prospects of agricultural development in the West Kazakhstan region / A. Dossanova et al // *AIP Conference Proceedings.* – AIP Publishing. – 2022. – Т. 2661. – № 1.
5. Особенности состава козьего молока как компонента продуктов питания. [Электронный ресурс] / С.В. Симоненко и др. – 2009. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/16243>. Дата обращения: 02.10.2024 г.
6. Sustainable development and conservation of ecosystems: Epizootic situation of contagious ecthyma of sheep and goats in Kazakhstan and neighbouring countries / M. Umitzhanov et al // *AIP Conference Proceedings.* – AIP Publishing, 2024. – Т. 3033. – № 1.
7. Перспективы и особенности переработки козьего молока в Республике Казахстане [Электронный ресурс] URL: <http://abkaz.kz/perspektivy-i-osobennosti-pererabotki-kozego-moloka-v-respublike-kazakhstan/>. Дата обращения: 10.12.2021 г.
8. Recent insights into processing approaches and potential health benefits of goat milk and its products: a review / G.A. Nayik et al // *Frontiers in nutrition.* – 2021. – Т. 8. – С. 789117.
9. Nutritional and nutraceutical properties of goat milk for human health: A review / D.C. Rai et al // *Indian Journal of Dairy Science.* – 2022. – Т. 75. – № 1.
10. Alimardanova M. Comparative characteristics of goat milk products in farms of Akmola and North Kazakhstan regions / M. Alimardanova, A. Shunekeyeva // *Slovak Journal of Food Sciences.* – 2022. – Т. 16.
11. Статья о запуске в ЮКО первого производства по переработке козьего молока [Электронный ресурс] URL: <https://kapital.kz/business/69115/v-yuko-zapustili-pervoye-proizvodstvo-po-pererabotke-koz-yego-moloka.html>. Дата обращения: 05.03.2020 г.

References

1. Administration of olive cake for ewe feeding. effect on milk yield and composition / B.L. Chiafalo et al // *Small Rumin.* – 2004. – Res. 55. – R. 169-176. (In English).
2. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk / G.A. Nayik et al // *Dairy.* – 2022. – Т. 3, № 3. – R. 622-647. (In English).
3. Naselenie Kazakhstana v 2022 godu prevysilo 19 millionov. [Ehlektronnyi resurs] URL: <https://bizmedia.kz/>. Data obrashcheniya: 02.05.2022 g. (In Russian).
4. Problems and prospects of agricultural development in the West Kazakhstan region / A. Dossanova et al // *AIP Conference Proceedings.* – AIP Publishing. – 2022. – Т. 2661. – № 1. (In English).
5. Osobennosti sostava koz'ego moloka kak komponenta produktov pitaniya. [Ehlektronnyi resurs] / S.V. Simonenko i dr. – 2009. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/16243>. Data obrashcheniya: 02.10.2024 g. (In Russian).
6. Sustainable development and conservation of ecosystems: Epizootic situation of contagious ecthyma of sheep and goats in Kazakhstan and neighbouring countries / M. Umitzhanov et al // *AIP Conference Proceedings.* – AIP Publishing, 2024. – Т. 3033. – № 1. (In English).
7. Perspektivy i osobennosti pererabotki koz'ego moloka v Respublike Kazakhstane [Ehlektronnyi resurs] URL: <http://abkaz.kz/perspektivy-i-osobennosti-pererabotki-kozego-moloka-v-respublike-kazakhstan/>. Data obrashcheniya: 10.12.2021 g. (In Russian).
8. Recent insights into processing approaches and potential health benefits of goat milk and its products: a review / G.A. Nayik et al // *Frontiers in nutrition.* – 2021. – Т. 8. – S. 789117. (In English).
9. Nutritional and nutraceutical properties of goat milk for human health: A review / D.C. Rai et al // *Indian Journal of Dairy Science.* – 2022. – Т. 75. – № 1. (In English).
10. Alimardanova M. Comparative characteristics of goat milk products in farms of Akmola and North Kazakhstan regions / M. Alimardanova, A. Shunekeyeva // *Slovak Journal of Food Sciences.* – 2022. – Т. 16. (In English).

11. Stat'ya o zapuske v YUKO pervogo proizvodstva po pererabotke koz'ego moloka [Elektronnyi resurs] URL: <https://kapital.kz/business/69115/v-yuko-zapustili-pervoye-proizvodstvo-po-pererabotke-koz-yego-moloka.html>. Data obrashcheniya: 05.03.2020 g. (In Russian).

А.Е. Абдугамитова^{1*}, А.Д. Серикбаева², Б.М. Искаков¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даң., 62

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы 8

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ «ОРДАБАСЫ MILK» ФЕРМАСЫНДА САУЫН КЕЗЕҢІНДЕ ЗААЕНЕН ЕШКІ ТҰҚЫМЫНЫҢ ЕШКІ СҮТІНІҢ ЗЕРТТЕУЛЕРІ

Мақалада заанен тұқымының ешкі сүтінің әртүрлі лактация кезеңдеріндегі: жазғы, күзгі және көктемгі органолептикалық және физика-химиялық қасиеттері зерттелген. Үш үлгіні талдау негізінде сүттің негізгі параметрлері анықталды, мысалы, май, ақуыз және лактоза және қышқылдық. Нәтижелер көрсеткендей, жазда сүттің майлылығы ең аз (4,2%), ал көктемде ол 5,0%-ға жетті. Сондай-ақ, ақуыздың мөлшері әр түрлі кезеңдерде (шамамен 3,8%) іс жүзінде бірдей болып қалғаны анықталды, ал лактоза жазда 3,4%-дан көктемде 4,06%-ға дейін өзгерді.

Органолептикалық сипаттамаларға ерекше назар аударылады: сүттің түсі бозғылт сарыдан сарғыш реңкке дейін өзгерді, ал күзгі кезеңде ешкі сүтінің ерекше иісі күшейе түсті. Бұл құрғақ тағамдарды қамтитын жем рационының өзгеруіне байланысты.

Сүтті одан әрі өңдеу және ірімшіктер сияқты жоғары сапалы өнімдерді жасау үшін физикалық-химиялық қасиеттер туралы деректерді пайдаланудың маңыздылығы. Атап айтқанда, ешкі сүтіндегі лактозаның төмен мөлшері оны лактозаға төзбеушілігі бар адамдар үшін қол жетімді етеді.

Алынған нәтижелер Қазақстанның сүт өнеркәсібінде сүтті қайта өңдеудің жаңа технологияларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: ешкі сүті, заанен тұқымы, физика-химиялық сипаттамалары, технологиясы, лактация кезеңі, органолептика.

A.Y. Abdugamitova^{1*}, A.D. Serikbayeva², B.M. Iskakov¹

¹S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University»,
010011, Kazakhstan, Astana, Zhenis Ave., 62

²Kazakh National Agrarian Research University,
050010, Kazakhstan, Almaty, Abai Ave., 8

*e-mail: abdugamitova@inbox.ru

RESEARCH OF GOAT'S MILK OF THE ZAAENEN BREED GOATS IN THE LACTATION PERIOD ON THE FARM «ORDABASY MILK» OF TURKESTAN REGION

The article studies organoleptic and physicochemical properties of Zaanen goat milk in different lactation periods: summer, fall and spring. Based on the analysis of three samples, key milk parameters such as fat content, protein and lactose content, and acidity were determined. The results showed that during the summer period, milk fat content was the lowest (4,2%), while it reached 5,0% during the spring period. It was also found that protein content remained almost the same in different periods (about 3,8%), while lactose varied from 3,4% in summer to 4,06% in spring.

Particular attention was paid to organoleptic characteristics: milk color varied from pale yellow to yellowish tint, and the specific odor of goat milk increased in the autumn period. This was attributed to the change in feed ration including dry fodder.

The importance of utilizing data on physicochemical properties for further processing of milk and creation of high quality products such as cheeses. In particular, the low lactose content of goat milk makes it more accessible to people with lactose intolerance.

The results obtained can be used to develop new milk processing technologies in the dairy industry of Kazakhstan.

Key words: goat's milk, zaanen breed of goats, physical-chemical characteristics, technology, lactation period, organoleptic.

Сведения об авторах

Алтынай Едигеқызы Абдугамитова* – докторант кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – д.б.н., профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; Казахский национальный аграрный исследовательский университет; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Авторлар туралы мәліметтер

Алтынай Едігеқызы Абдугамитова* – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Асия Демеухановна Серикбаева – б.ғ.д., «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Information about the authors

Altynai Yedigezy Abdugamitova* – doctoral student of the department of «Technology of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: abdugamitova@inbox.ru.

Asiya Demeukhanovna Serikbayeva – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of «Technology and Safety of Food Products»; Kazakh National Agrarian Research University; e-mail: serikbayeva@yandex.ru.

Bauyrzhan Myrzabekovich Isakov – PhD, lecturer of department «Technology of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Поступила в редакцию 17.10.2024

Принята к публикации 22.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-16)

MPHTI: 65.09.33



С.Е. Аман*, У.О. Тунгышбаева, М.К. Услу, А.Ә. Жанболат

Алматы Технологиялық Университеті,

050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би 100

*e-mail: erbolatovnass@mail.ru

АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІН САҚТАУДА БИОЛОГИЯЛЫҚ ҮДІРАЙТЫН ҚАПТАМАЛАРДЫҢ РӨЛІ

Аңдатпа: Бұл мақалада азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзарту мәселесін шешудегі биологиялық ыдырайтын қаптамалардың рөлі қарастырылады. Биологиялық ыдырайтын қаптамалардың экологиялық және экономикалық артықшылықтары, сондай-ақ олардың өнімнің сапасын сақтауға ықпал ететін қасиеттері талқыланады. Биологиялық ыдырайтын қаптама саласында жүргізілген зерттеулерді талдау барысында осы бағыттағы ғылыми еңбектер мен әдебиеттерге шолу жасалады. Әртүрлі ғалымдардың биологиялық ыдырайтын қаптамаға арналған зерттеулері зерттеліп, олардың негізгі нәтижелері, ұсыныстары қарастырылады. Халықаралық тәжірибелер мен стандарттарға шолу жасалып, Қазақстандағы биологиялық ыдырайтын қаптамаларды қолданудың ағымдағы жағдайы мен даму мүмкіндіктері көрсетіледі. Сонымен қатар, мұндай қаптамалардың қоршаған ортаға тигізетін оң әсері, әсіресе қалдықтардың ыдырау жылдамдығы ерекше назар аудартады. Табиғи полимерлер негізінде биологиялық ыдырайтын қаптамалардың қасиеттерін жақсартуға және оларды нан-тоқаш өнімдері сияқты тағамдардың қауіпсіздігін сақтау үшін тиімді пайдалануға

басымдық беріледі. Мұндай қаптамалар табиғатқа зиянын азайтып, азық-түлік өнімдерінің сапасын жақсартады. Қазіргі таңда бұл технологиялар экологиялық таза өндірістерді дамытуға ықпал етеді және экономикалық тиімділікті арттырады. Сонымен бірге, биологиялық ыдырайтын қаптамалардың өндірісі мен қолданылуын арттыру тұрақты даму мақсаттарын іске асырудың маңызды бөлігі ретінде қарастырылады.

Түйін сөздер: биологиялық ыдырайтын қаптама, азық-түлік өнімдерін сақтау, таза қаптама, сақтау мерзімі, полимерлік материалдар.

Кіріспе

Әлемде азық-түлік өнімдерін сақтау мәселесі өзекті болып отыр. Сонымен қатар, дәстүрлі пластик қаптамалар экологиялық тұрғыда зиянды болып, қоқыс көлемінің өсуіне және қоршаған ортаның ластануына әкелуде. Сол себепті, азық-түлік өнімдерін сақтау мен экологияны қорғау қажеттілігі биологиялық ыдырайтын қаптамаларға деген қызығушылықты арттырды. Қазіргі таңда экологиялық таза қаптамаларды қолдану арқылы өнімдердің сақтау мерзімін ұзарту тиімді әдіс ретінде зерттелуде [1].

Мақалада биологиялық ыдырайтын қаптамалардың яғни биополимерлер немесе биополимерге негізделген қаптау материалдарының шығу тегі мен өндіріс әдісіне байланысты жіктелуі көрсетілген. Қазіргі таңда азық-түлік өнімдерін ұзақ сақтау және сапасын жоғалтпай жеткізу проблемалары инновациялық қаптама материалдарын қолдану арқылы шешілуде. Осы зерттеуде биологиялық ыдырайтын қаптамалардың экологиялық қауіпсіздігі мен өнімнің сақтау мерзіміне тигізетін әсері ғылыми негізделеді.

Биоыдырайтын қаптамалар – бұл қоршаған ортаға зиян тигізбейтін, табиғи жолмен ыдырайтын шешім. Олар нан-тоқаш өнімдерін, мысалы, сушки, сухарики, пряники және тоқаштар сияқты өнімдерді сақтау үшін кеңінен қолданылуда. Дегенмен, өнімнің ылғалдылық деңгейі қаптаманың тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Биоыдырайтын қаптамалар көбінесе төмен және орташа ылғалдылық деңгейіндегі өнімдерге қолданылады. Мысалы, төмен ылғалдылықтағы өнімдерге, атап айтқанда сухарики мен печенье, биоыдырайтын қаптамалар өте тиімді. Орташа ылғалдылықтағы өнімдерге (круассандар, пряники) бұл қаптамалар балғындықты сақтауға мүмкіндік береді. Ал жоғары ылғалдылықтағы өнімдерде (тоқаштар) бұл қаптамаларды қолдану қосымша шараларды талап етеді. Нан-тоқаш өнімдерінің ылғалдылығы және қаптаманың тиімділігі 1-кестеде көрсетілген [2].

Кесте 1 – Нан-тоқаш өнімдерінің ылғалдылығы және қаптаманың тиімділігі

Өнім түрі	Ылғалдылық деңгейі (%)	Қолдану тиімділігі	Артықшылықтары	Кемшіліктері
Құрғақ бауырсақ (Сушки)	8-10	Жоғары	Қытырлақтығын сақтайды	Ылғалға төзімділігі төмен болуы мүмкін
Қытырлақ нан (Сухарики)	5-7	Жоғары	Қытырлақ күйін ұзақ сақтайды	Қаптаманың беріктігі төмен болуы мүмкін
Бал бауырсақ (Пряники)	12-14	Орташа	Балғындық пен жұмсақтықты сақтайды	Жоғары ылғалдылық кезінде қаптама тез ыдырауы мүмкін
Тоқаштар	35-45	Орташа	Өнімнің балғындығын сақтайды	Қосымша қорғаныс қажет
Печенье	3-5	Жоғары	Табиғи қытырлақтығын сақтайды	Ылғалға төзімділігі төмен болуы мүмкін

Кестеде нан-тоқаш өнімдерінің қолданылу тиімділігі мен ылғалдылық деңгейі көрсетілген. Сондай-ақ қаптаманың көрсетілген өнімдерге әсері яғни артықшылықтары мен кемшіліктері назарға алынды.

Биоыдырайтын қаптамалардың тағам қауіпсіздігіне тигізетін негізгі оң әсері – олардың өнімнің физикалық және микробиологиялық қасиеттерін сақтай отырып, тұтынушыға қауіпсіз түрде жеткізілуін қамтамасыз етуі. Бұл қаптамалар сыртқы ортадан өнімге микробтардың, шаң-тозаңның, бөтен заттардың енуінен қорғайды. Сонымен қатар, биоыдырайтын қаптамалар ылғал мен ауаның өтуін реттеп, өнімнің балғындығын сақтауға көмектеседі. Мысалы, сухарики мен печенье сияқты өнімдерде бұл қаптамалар өнімнің қытырлақтығын сақтай отырып, сыртқы ортаның әсерін төмендетеді.

Бұдан бөлек, биоыдырайтын қаптамалар тұтынушылар арасында өнімнің сенімділігін арттырады. Азық-түлікте химиялық қоспалардың болмауы және қаптаманың құрамындағы зиянды компоненттердің жоқтығы тағам қауіпсіздігінің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді [3].

Сонымен бірге, биоыдырайтын қаптамалардың бірқатар шектеулері де бар. Олардың негізгі кемшіліктерінің бірі – жоғары ылғалдылықтағы өнімдер үшін жеткілікті қорғаныс қабілетінің болмауы. Мысалы, тоқаш сияқты өнімдерде бұл қаптамалар ылғалдың әсерінен тез зақымдалады, бұл өнімнің сапасына және жарамдылық мерзіміне әсер етуі мүмкін. Бұл мәселені шешу үшін биоыдырайтын қаптамаларды қаптаушы қабаттармен немесе арнайы ылғалға төзімді материалдармен біріктіру ұсынылады. Биоыдырайтын қаптамалардың өндірісі дәстүрлі пластикалық қаптамалармен салыстырғанда қымбат болуы мүмкін. Бірақ өндіріс көлемін ұлғайту және технологияны жетілдіру арқылы бұл мәселені шешу мүмкіндігі бар.

Нан-тоқаш өнімдерінің ішінде биоыдырайтын қаптамалар ең алдымен ылғалдылығы төмен және орташа деңгейдегі өнімдер үшін тиімді. Мұндай өнімдерде қаптаманың негізгі мақсаты – өнімнің физикалық қасиеттерін (қытырлақтық немесе жұмсақтық) сақтау және сыртқы ортаның әсерінен қорғау. Ал жоғары ылғалдылықтағы өнімдерде биоыдырайтын қаптамаларды қолдану қосымша технологиялық шешімдерді талап етеді.

Ылғалдылығы төмен өнімдерде (сушки, сухарики, печенье) биоыдырайтын қаптамалар өте тиімді, себебі олардың құрылымы сыртқы ортадағы ылғалдың аз мөлшерінде сақталады. Бұл өнімдерде қаптаманың негізгі рөлі өнімді шаңнан, микробтардан және басқа да ластанудан қорғау болып табылады. Сонымен қатар, ылғалдылығы төмен өнімдер ұзақ уақыт сақталатындықтан, биоыдырайтын қаптамалар өнімнің сапасын сақтап, жарамдылық мерзімін арттырады.

Ылғалдылығы жоғары өнімдерде (тоқаштар, батондар) биоыдырайтын қаптамалар ылғалдың әсерінен құрылымын жоғалтып, өнімнің сапасын қорғауда тиімсіз болуы мүмкін. Мұндай өнімдерге қосымша қорғаныс қабаттары немесе гидрофобты биоыдырайтын материалдарды қолдану ұсынылады.

Зерттеу әдістері

Бұл мақала шолу сипатында жүргізілді және азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзартуға арналған биологиялық ыдырайтын қаптамалардың әсері мен олардың экологиялық және экономикалық тиімділігі туралы қолданыстағы ғылыми әдебиеттер мен халықаралық стандарттарға негізделген мәліметтерді талдады. Әдебиеттерді іріктеу кезінде ғылыми мақалалар, зерттеу есептері және Қазақстан мен шетелдердегі тәжірибелерді қамтитын дереккөздер пайдаланылды.

Азық-түлік өнімдерін сақтау мәселесі бойынша ғылыми мақалалар мен зерттеулерді таңдау кезінде негізінен Scopus және Web of Science дерекқорларына енгізілген басылымдардағы материалдар пайдаланылды. Әдебиеттерді іздеу процесінде соңғы 10 жыл ішінде жарияланған дереккөздерге басымдық берілді, себебі бұл тақырыпта заманауи зерттеулердің маңызы зор.

Іздеу «biodegradable packaging», «food preservation», «shelf life extension», «sustainable packaging», «food safety», «microbial activity» кілт сөздері арқылы жүргізілді. Осы шолу нәтижесінде 58 ғылыми зерттеу жұмысы таңдалып алынып, олардың негізінде биологиялық ыдырайтын қаптамалардың сипаттамалары мен олардың тағам өнімдеріне әсері талданды.

Нәтижелер және талқылау

Зерттеулерге сәйкес, биологиялық ыдырайтын қаптамалар табиғи полимерлерден, мысалы, целлюлоза, хитозан, полилактидтер және крахмал негізіндегі материалдардан жасалады. Бұл материалдар табиғи жағдайда толықтай ыдырап, органикалық заттарға, көмірқышқыл газына және суға айналады, бұл олардың экологиялық таза және қауіпсіз екенін көрсетеді.

Соңғы зерттеулерде хитозан мен целлюлоза негізіндегі қаптамалардың тағам өнімдерінің сақтау мерзімін ұзартуда жоғары тиімділік көрсеткені анықталды. Мысалы, хитозан антибактериалдық және антифунгалдық қасиеттерге ие, бұл тағам өнімдерінің бактериялармен және зеңмен ластануын бәсеңдетеді. Зерттеудің көпшілігі хитозан негізіндегі қаптамалардың нан-тоқаш өнімдерінде микробиологиялық ластануды едәуір азайтып, сақтау мерзімін арттыратынын көрсетеді [4].

J. Doe және A. Smith биологиялық ыдырайтын полимерлердің азық-түлік қаптамасындағы қолданылуын зерттеген. Олар әртүрлі полимерлердің қасиеттері мен олардың азық-түлік сапасын сақтаудағы тиімділігін талқылайды. Мақалада әсіресе

целлюлоза, хитозан және полилактид сияқты табиғи материалдардың қасиеттері қарастырылып, олардың микробқа қарсы және антифунгалдық әсері туралы деректер келтіріледі. Авторлар бұл материалдардың сақтау мерзімін ұлғайтуда айтарлықтай нәтиже беретініне тоқталған [5].

Зерттеуде хитозан және целлюлоза негізіндегі биологиялық ыдырайтын қаптамалардың нан-тоқаш және ет өнімдерін сақтау мерзімін арттырудағы рөлі кеңінен талданған. Атап айтқанда, хитозанның бактерияға қарсы қасиеті өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды екені дәлелденген [6].

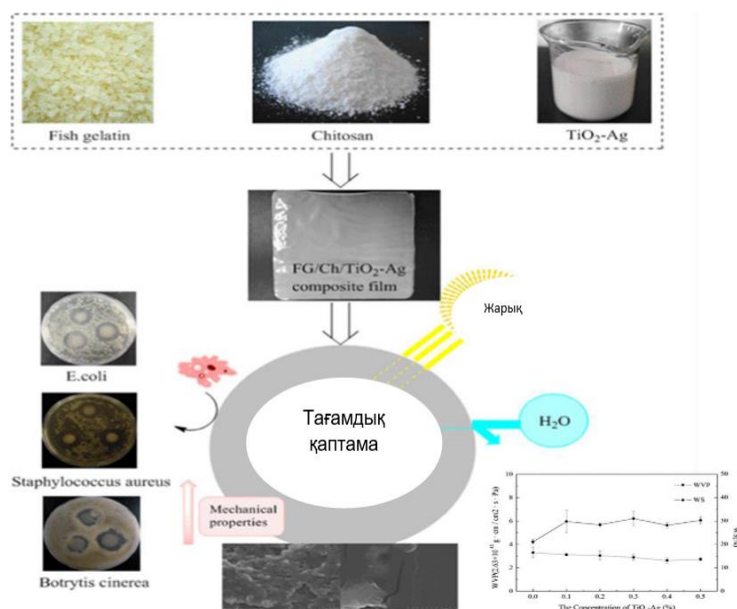
J. Guilbert және C. Gontard биологиялық ыдырайтын полимерлердің азық-түлік қаптамасына зерттеулер жүргізген. Авторлар полилактид (PLA) сияқты биоыдырағыш материалдардың қоршаған ортаға зиянын азайтуға көмектесетінін және азық-түлікті ұзақ уақыт сақтау мүмкіндігін арттыратынын атап өтеді. Бұл зерттеуде PLA-ның микробқа қарсы қасиеттері және қаптама материалы ретінде қолданылуы егжей – тегжейлі қарастырылған. Олардың зерттеуі биоыдырағыш қаптамалардың қоршаған ортаға тигізетін пайдасын түсінуге бағытталған [7].

H. Khwaldia және T. Arab Tehranу биоыдырағыш қаптамалардың микробқа қарсы қасиеттерін қарастырған. Олар полилактид (PLA) мен хитозанның микробқа қарсы әсерін зерттеп, олардың тағамның сақталу мерзімін ұзарту мүмкіндігін айқындаған. Мақалада полилактид пен хитозанның табиғи микробқа қарсы қасиеттерін пайдалану арқылы азық-түлікті сақтау мүмкіндіктері, оның ішінде тағамның сапасын сақтау және патогендік микроорганизмдерден қорғау талқыланған [8].

Авторлар биологиялық ыдырайтын қаптамалардың экологиялық артықшылықтарын көрсетіп қана қоймай, олардың тағам өнімдерін ұзақ сақтаудағы әлеуетін де дәлелдеді. Бұл зерттеудің жаңашылдығы – биологиялық ыдырайтын қаптамалардың қасиеттері мен тиімділігін нақты көрсеткен деректер ұсынуы.

Алайда болашақ зерттеулерде осы қаптамалардың механикалық беріктігін және қайта өңдеу мүмкіндіктерін жақсартуға, сондай-ақ шығындарды азайтуға бағытталған жұмыстардың қажеттілігін атап өткен.

Бұл зерттеуді негізге ала отырып, биологиялық ыдырайтын қаптамаларды өндірісте кеңінен қолдану үшін олардың тиімділігін арттыруға бағытталған қосымша зерттеулер қажет.



Сурет 1 – Құю әдісімен оқара ұнтағына енгізілген хитозан-наносиликон аэрогель пленкаларын жасау [9].

Панариелло, Колтелли және Бучиньяни жасаған зерттеуде (1 сурет) хитозан негізіндегі нанобөлшектер (NP) қолданылған тағамдық қаптама жүйесі әзірленген. Бұл жүйеде наноқұрылымдалған хитин мен целлюлозаны қаптама материалына қосу арқылы тағамның сақталу мерзімін ұзарту мен сапасын сақтау мақсатында жаңа технология жасалған.

Зерттеушілер хитозан және наноқұрылымдалған хитин пленкаларын целлюлозамен біріктіріп, ерітінді құю әдісін қолданған. Мұнда хитозан мен наноқұрылымдалған хитиннің бірегей қасиеттері тамақ қаптамасында айтарлықтай артықшылықтар береді. Хитозанның бактерияға қарсы және антифунгалдық қасиеттері тағамның микробиологиялық қауіпсіздігін арттырады. Наноқұрылымдалған хитиннің құрылымы пленкалардың беріктігін және экологиялық таза болуын қамтамасыз етеді, бұл тағамның сақтау мерзімін ұзартуға ықпал етеді. Зерттеу тағамды микробиологиялық ластанудан қорғау, сақтау мерзімін ұзарту және экологиялық әсерді азайту үшін тиімді шешім ретінде қарастырылады [10].

Азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзартудағы биологиялық ыдырайтын қаптамалардың рөлі. Зерттеулер биологиялық ыдырайтын қаптамалардың, әсіресе микробқа қарсы және антифунгалдық қасиеттері бар түрлерінің, азық-түліктің сақтау мерзімін ұлғайтудағы маңыздылығын дәлелдейді [11].

Хитозаның антибактериалдық қасиеттері нан-тоқаш және ет өнімдерін микробиологиялық ластанудан қорғап, олардың сақтау мерзімін айтарлықтай арттырады. Полилактид (PLA) және крахмал негізіндегі қаптамалар да өнімнің сыртқы әсерлерден қорғалуын қамтамасыз етіп, сақтау шарттарын жақсартады. Азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзартудағы қаптамалардың әсері 2-кестеде көрсетілген [12].

Кесте 2 – Азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзартудағы қаптамалардың әсері

№	Қаптама түрі	Құрамы	Өнім түрі	Сақтау мерзімі
1	Хитозан негізіндегі	Хитозан, крахмал	Нан-тоқаш өнімдері	7 күн
2	Полилактид (PLA)	Жүгері крахмалы	Ет өнімдері	14 күн
3	Целлюлоза негізіндегі	Целлюлоза, өсімдік крахмалы	Жемістер мен көкөністер	10 күн
4	Крахмал негізіндегі	Картоп крахмалы	Сүт өнімдері	5 күн

Әр қаптаманың құрамы мен микробқа қарсы қасиеттері оның өнімнің сақтау мерзіміне ықпалын анықтайды.

Сонымен қатар, қаптамалардың газ өткізгіштік қасиеті олардың өнімді қорғау функциясында маңызды рөл атқарады. Мысалы, оттегі мен ылғал өткізгіштігі төмен қаптамалар ет және сүт өнімдерінің сапасын ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді. Зерттеу ішінде хитозан мен полилактидті қаптамалардың газ өткізгіштік қасиеттері мен олардың өнімдердің сақтау мерзіміне әсері бойынша жүргізілген тәжірибелердің көпшілігі оң нәтижелер көрсеткен [13].

Халықаралық тәжірибе және стандарттар. Халықаралық деңгейде биологиялық ыдырайтын қаптамаларды өндіру мен қолдануға арналған қатаң стандарттар әзірленген. Еуропалық Одақ, мысалы, мұндай қаптамалардың экологиялық қауіпсіздігі мен қайта өңдеу мүмкіндіктерін тексеру бойынша стандарттар жасақтаған. Зерттеуде осы стандарттарға сай келетін бірнеше зерттеулердің нәтижелері қаптаманың толық ыдырауын қамтамасыз ететін химиялық және физикалық қасиеттерін анықтауға бағытталған [14].

АҚШ-та да ASTM стандарттары қаптамалардың экологиялық зиянсыздығын қамтамасыз етуге арналған, бұл стандарттар өндіріс пен пайдалануды бақылау мақсатында қолданылады. Қазақстанда биологиялық ыдырайтын қаптамаларды енгізу қажеттілігі мойындалып, мемлекет экологиялық стандарттарды дамытуды қолдайды. Қазақстандық ғалымдардың зерттеулеріне сілтеме жасай отырып, бұл бағытта нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру маңызды екені анықталды [15].

Халықаралық стандарттар бойынша биологиялық ыдырайтын қаптамаларға қойылатын талаптары 3-кестеде көрсетілген [16].

Кесте 3 – Халықаралық стандарттар бойынша биологиялық ыдырайтын қаптамаларға қойылатын талаптар

№	Стандарт	Ел	Талаптар
1	EN 13432	Еуропа	90% ыдырау, улы қалдықтардың болмауы
2	ASTM D6400	АҚШ	60 күнде толық ыдырау
3	ISO 17088	Халықаралық	Қауіпсіз ыдырау, қайта өңдеу мүмкіндігі
4	ГОСТ 33751-2016	Ресей	Толық ыдырау, экологиялық зиянсыздық
5	Қолданыстағы стандарттар әзірленуде	Қазақстан	Экологиялық талаптарға сай, қалдықсыз ыдырау және қайта өңдеу қажеттілігі қарастырылуда

Қазіргі уақытта елде биологиялық ыдырайтын қаптамаларға қойылатын стандарттар толық дамымағанымен, мемлекет бұл бағытта халықаралық тәжірибелерге сүйене отырып, нормативтік базаны жетілдіру жұмыстарын жүргізіп жатыр. Әсіресе, сауда және тамақ өндірісі саласында экологиялық таза қаптамаларға деген сұраныс артуда. Жергілікті компаниялар жаңа технологияларды енгізіп, биологиялық ыдырайтын материалдарды қаптама өндірісіне бейімдеуге қызығушылық танытуда. Бұл бағыттағы бастамалар Қазақстанның экологиялық тұрақтылыққа қол жеткізу жолында маңызды қадам екенін көрсетеді [17].

Биополимерлер немесе биополимерге негізделген қаптау материалдарының жіктелуі. Биополимерлер немесе биополимерге негізделген қаптау материалдары олардың шығу тегі мен өндіріс әдісіне байланысты үш негізгі топқа жіктеледі (4 сурет).

Хитин – бұл N-ацетил-глюкозамин мен N-глюкозаминнің арасында β -1,4 байланысы бар сызықты сополимер. Мономерлер полимердің өңдеу әдісіне байланысты кездейсоқ ретпен орналасады. Ол табиғатта көп мөлшерде кездеседі және аминцеллюлоза ретінде қарастырылады. Хитин негізінен жәндіктер, крабтар, асшаяндардың қабықшаларында және т.б. кездеседі [18].

Хитиннің тағы бір көзі – ақуыз мөлшері 10-15% болатын саңырауқұлақ өсіру процесі. Хитиннің ерігіштігі өте төмен, сондықтан оны әдетте қаптама материалында қолдану үшін араластырады. Хитинді хитиназа ферменті ыдыратады [19].

Хитиннің жартылай N-деацетилденуі нәтижесінде хитозан түзіледі, ол суда ерімейді, тек бірнеше қышқыл ерітінділерде ериді және тығыз кристалды құрылымы мен мықты сутектік байланыстары бар [20].

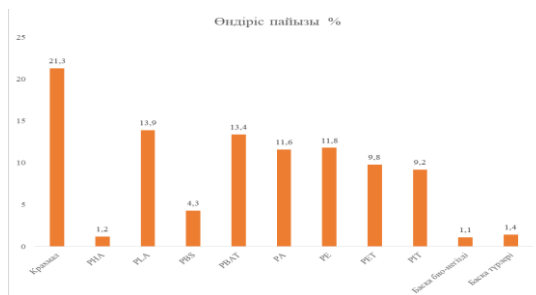
Хитозанды хитозаназа немесе лизоцимдер ыдыратады. Хитин мен хитозанның көпшілік еріткіштерде ерімеуі олардың қолдану аясын шектейді.

Сонымен қатар, тағам қаптамаларының негізгі функцияларын атап өтуге болады. Қаптаманың негізгі функциялары тағамның сапасын, қауіпсіздігін және сақталу мерзімін қамтамасыз етуге бағытталған. Атап айтқанда, тағамды физикалық, химиялық және биологиялық өзгерістерден қорғау, тасымалдау мен тарату процесінде сақтау, сондай-ақ тұтынушыларға қажетті ақпаратты ұсыну арқылы өнімді нарықта дұрыс байланыс орнату болып табылады.



Сурет 2 – Тағам қаптамасының негізгі функциялары

Тағам қаптамасы өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі элементі, оның басты функциялары – тағамды физикалық, химиялық және биологиялық өзгерістерден қорғау, сақтау және тұтынушыға қажетті ақпаратты жеткізу. Қаптама өнімді сақтау және тасымалдау барысында тұтастығын қамтамасыз етіп, жарамдылық мерзімін ұзартады. Сонымен қатар, қаптама өнімнің құрамын, сақтау шарттарын және маркетингтік ақпаратты ұсына отырып, тұтынушы мен өндіруші арасындағы байланысты нығайтады. Осылайша, тағам қаптамасы өнімнің сапасын сақтап, қауіпсіз жеткізілуін қамтамасыз етеді.



Сурет 3 – Өндіріс статистикасы

Диаграммада әртүрлі полимерлердің өндірістегі үлесі көрсетілген. Ең көп қолданылатын полимер – крахмал (starch), оның үлесі 21,3%, бұл оның биыдырайтын материалдар арасында жоғары сұранысқа ие екенін көрсетеді. Одан кейін PLA (полилактид) және PBAT (полибутилен адипат-терефталат) сәйкесінше 13,9% және 13,4% үлеспен келеді. PE (полиэтилен) және PA (полиамид) шамамен 11,8% және 11,6% көрсеткіштермен өндірісте елеулі орын алады. Ал PHA (полигидроксиалканоаттар) және басқа биыдырайтын материалдардың үлесі өте төмен, 1,2%-дан аспайды. Бұл деректер биыдырайтын және биологиялық негізделген полимерлердің өндірісіндегі әртүрлілікті және негізгі материалдардың басымдығын көрсетеді [21].

Қорытынды

Биологиялық ыдырайтын қаптамаларды азық-түлік өнімдерінің сақтау мерзімін ұзарту және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету мақсатында қолдану – Қазақстан үшін болашағы зор бағыттардың бірі. Қазіргі таңда экологиялық мәселелердің күрделенуі және тұтынушылардың экосанасына деген қызығушылықтың артуы биологиялық ыдырайтын қаптамалардың маңыздылығын арттыра түсуде. Бұл қаптамалардың басты артықшылығы – табиғи жағдайда толық ыдырау және қоршаған ортаға зиян келтірмеуі.

Зерттеулер көрсеткендей, биологиялық ыдырайтын полимерлер, әсіресе хитозан, целлюлоза және полилактид, азық-түлік қаптамасында қолдану үшін жоғары тиімділік көрсетеді, олардың микробқа қарсы және антифунгалдық қасиеттері тағам өнімдерінің сақталу мерзімін ұлғайтуға, микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және экологиялық зиянды азайтуға мүмкіндік береді. Алайда бұл зерттеулерде қаптамалардың механикалық беріктігін арттыру, шығындарды азайту, қайта өңдеу мүмкіндіктерін жақсарту және олардың ұзақ мерзімді тиімділігін нақтылауға бағытталған жұмыстар жеткіліксіз қарастырылған.

Атап айтқанда, табиғи полимерлер негізінде биыдырайтын қаптамалардың қасиеттерін жақсартуға және оларды нан - тоқаш өнімдері сияқты тағамдардың қауіпсіздігін сақтау үшін тиімді пайдалануға басымдық беріледі. Осы кемшіліктерді шешуге бағытталған зерттеулер қазіргі күннің өзекті мәселесін тудырады. Бұл мақсатта қаптама материалының құрамын жетілдіру, механикалық беріктігін арттыру және шығынды азайту үшін қолжетімді әдістерді қолдану арқылы өнімдердің сақтау мерзімін ғылыми негізде ұзарту мәселесі өз шешімін табады.

Биологиялық ыдырайтын қаптамалардың кемшіліктерін шешу үшін табиғи полимерлердің (хитозан, целлюлоза, полилактид) құрамын оңтайландыру маңызды, бұл мақсатта пластификаторлар (глицерин, сорбитол) арқылы механикалық беріктігін арттыруға болады. Сондай-ақ, полимерлердің үйлесімді қоспаларын (мысалы, хитозан мен целлюлоза немесе полилактид пен хитозан) қолдану материалдың қасиеттерін жақсартуға ықпал етеді. Қаптамаға табиғи антимикробтық компоненттерді (эфир майлары, фитохимиялық қосылыстар) енгізу оның микробқа қарсы және антифунгалдық қасиеттерін күшейтіп, тағамның сақталу мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өндірістік процестерді оңтайландыру және қолжетімді шикізат қолдану арқылы шығынды азайтуға, ал қайта өңдеу технологияларын дамыту арқылы материалдың экологиялық тұрақтылығын жақсартуға болады.

Алдағы 5-10 жыл ішінде Қазақстанда биологиялық ыдырайтын қаптамаларды қолдану және өндіру кеңейе түсуі күтілуде. Бұл қадам экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге, азық-түлік қауіпсіздігін арттыруға және табиғи ресурстарды үнемдеуге бағытталған. Биологиялық ыдырайтын қаптамаларды кеңінен қолдану арқылы Қазақстан экологиялық таза өндіріс пен тұрақты даму мақсаттарына жетуде үлкен жетістіктерге қол жеткізе алады.

Биологиялық ыдырайтын полимерлер жаңартылатын шикізаттардан, ауыл шаруашылығы қалдықтарынан жасалғандықтан, осы экономикалық мүмкіндікті пайдалану бойынша зерттеулер жүргізуге үлкен мүмкіндік бар. Қазіргі уақытта биологиялық ыдырайтын полимерлер пластиктің шамамен 1%-ын ғана алмастырады. Саясат пен заңнамалық өзгерістер сияқты бірнеше факторлар, сондай-ақ азық-түлік пен энергия ресурстарына әлемдік сұраныс биологиялық ыдырайтын қаптама өндірісіне әсер етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Doe J. Biodegradable polymers in food packaging applications / J. Doe, A. Smith // Journal of Food Science. – 2021. – № 25(5). – P. 1120-1130.

2. Advances in chitosan-based films for food preservation / L. Zhang et al // International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – № 134. – P. 1234-1242.
3. Brown M. The impact of biodegradable packaging on food shelf life / M. Brown, T. Green // Food Chemistry. – 2019. – № 284. – P. 234-240.
4. Johnson S. Polylactic acid (PLA) as a sustainable packaging material / S. Johnson, K. Lee // Packaging Technology and Science. – 2018. – № 31(8). – P. 495-508.
5. Doe J. Biodegradable polymers in food packaging applications / J. Doe, A. Smith. // Journal of Food Science. – 2021. – № 25(5). – P. 1120-1130.
6. Ahmed S. Biodegradable polymers for food packaging: A review / S. Ahmed, J. Varshney // Journal of Materials Science. – 2010. – № 45(15). – P. 4439-4453.
7. Guilbert J. Biopolymers as a sustainable solution for food packaging / J. Guilbert, C. Gontard // Sustainable Packaging Journal. – 2021. – № 10(2). – P. 145-158.
8. Khwaldia H. Antimicrobial properties of biodegradable food packaging materials / H. Khwaldia, T. Arab-Tehrany // International Journal of Food Science. – 2018. – № 6(2). – P. 112-120.
9. Получение и характеристика антибактериальной композитной пленки на основе рыбьего желатина и хитозана, загруженной TiO₂-Ag, для упаковки пищевых продуктов / D.R. Lin et al // Int. J. Biol. Macromol. – 2020. – № 154. – P.123-133.
10. Chitosan and nano-structured chitin for biobased anti-microbial treatments onto cellulose based materials / L. Panariello et al // European Polymer Journal. – 2019. – № 113. – P. 328-339.
11. Davis K. Effect of biodegradable packaging on the shelf life of fresh produce / K. Davis, M. Miller // Postharvest Biology and Technology. – 2011. – № 59(2). – P. 124-130.
12. Siracusa M. Applications of Chitosan in Food Packaging / M. Siracusa, P. Rocculi // Journal of Food Microbiology. – 2019. – № 15(3). – P. 312-325.
13. Khwaldia H. Antimicrobial properties of biodegradable food packaging materials / H. Khwaldia, T. Arab-Tehrany // International Journal of Food Science. – 2018. – № 6(2). – P. 112-120.
14. Thompson G. Biodegradable packaging: A review of materials and applications / Thompson G., Clark L. // Trends in Food Science & Technology. – 2012. – № 22(2). – P. 72-80.
15. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to Be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. – ASTM International, 2023. – URL: <https://www.astm.org/standards/d6400> (accessed: 17.12.2024).
16. EN 13432:2000. Requirements for Packaging Recoverable through Composting and Biodegradation – Test Scheme and Evaluation Criteria for the Final Acceptance of Packaging. – European Bioplastics, 2000. – URL: <https://www.european-bioplastics.org/tag/en-13432> (accessed:17.12.2024).
17. ISO 18606:2013. Packaging and the Environment – Organic Recycling. – International Organization for Standardization, 2013. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/74994.htm> (accessed:17.12.2024).
18. Tokura N. Chitin and its applications / N. Tokura, H. Tomura // Biomaterials Science. – 2007. – № 12(3). – P. 245-257.
19. Enzymatic degradation of chitin using chitinase / W. Teng et al // Journal of Enzyme Research. – 2001. – № 14(2). – P. 112-118.
20. Structural properties of chitosan and its solubility / J.W. Park et al // Polymer Science Journal. – 2001. – № 18(4). – P. 312-318.
21. Zhao Y. N-carboxymethyl and N-carboxyethyl chitosan for food packaging / Y. Zhao, M. McDaniel // Journal of Agricultural Chemistry. – 2005. – № 53(10). – P. 421-428.

References

1. Doe J. Biodegradable polymers in food packaging applications / J. Doe, A. Smith // Journal of Food Science. – 2021. – № 25(5). – P. 1120-1130. (In English).
2. Advances in chitosan-based films for food preservation / L. Zhang et al // International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – № 134. – P. 1234-1242. (In English).
3. Brown M. The impact of biodegradable packaging on food shelf life / M. Brown, T. Green // Food Chemistry. – 2019. – № 284. – P. 234-240. (In English).
4. Johnson S. Polylactic acid (PLA) as a sustainable packaging material / S. Johnson, K. Lee // Packaging Technology and Science. – 2018. – № 31(8). – P. 495-508. (In English).

5. Doe J. Biodegradable polymers in food packaging applications / J. Doe, A. Smith. // Journal of Food Science. – 2021. – № 25(5). – P. 1120-1130. (In English).
6. Ahmed S. Biodegradable polymers for food packaging: A review / S. Ahmed, J. Varshney // Journal of Materials Science. – 2010. – № 45(15). – P. 4439-4453. (In English).
7. Guilbert J. Biopolymers as a sustainable solution for food packaging / J. Guilbert, C. Gontard // Sustainable Packaging Journal. – 2021. – № 10(2). – P. 145-158. (In English).
8. Khwaldia H. Antimicrobial properties of biodegradable food packaging materials / H. Khwaldia, T. Arab-Tehrany // International Journal of Food Science. – 2018. – № 6(2). – P. 112-120. (In English).
9. Poluchenie i kharakteristika antibakterial'noi kompozitnoi plenki na osnove ryb'ego zhelatina i khitozana, zagruzhennoi TiO₂-Ag, dlya upakovki pishchevykh produktov / D.R. Lin et al // Int. J. Biol. Macromol. – 2020/ – № 154. – P.123-133. (In Russian).
10. Chitosan and nano-structured chitin for biobased anti-microbial treatments onto cellulose based materials / L. Panariello et al // European Polymer Journal. – 2019. – № 113. – P. 328-339. (In English).
11. Davis K. Effect of biodegradable packaging on the shelf life of fresh produce / K. Davis, M. Miller // Postharvest Biology and Technology. – 2011. – № 59(2). – P. 124-130. (In English).
12. Siracusa M. Applications of Chitosan in Food Packaging / M. Siracusa, P. Rocculi // Journal of Food Microbiology. – 2019. – № 15(3). – P. 312-325. (In English).
13. Khwaldia H. Antimicrobial properties of biodegradable food packaging materials / H. Khwaldia, T. Arab-Tehrany // International Journal of Food Science. – 2018. – № 6(2). – P. 112-120. (In English).
14. Thompson G. Biodegradable packaging: A review of materials and applications / Thompson G., Clark L. // Trends in Food Science & Technology. – 2012. – № 22(2). – P. 72-80. (In English).
15. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to Be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. – ASTM International, 2023. – URL: <https://www.astm.org/standards/d6400> (accessed: 17.12.2024). (In English).
16. EN 13432:2000. Requirements for Packaging Recoverable through Composting and Biodegradation – Test Scheme and Evaluation Criteria for the Final Acceptance of Packaging. – European Bioplastics, 2000. – URL: <https://www.european-bioplastics.org/tag/en-13432> (accessed:17.12.2024). (In English).
17. ISO 18606:2013. Packaging and the Environment – Organic Recycling. – International Organization for Standardization, 2013. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/74994.htm> (accessed:17.12.2024). (In English).
18. Tokura N. Chitin and its applications / N. Tokura, H. Tomura // Biomaterials Science. – 2007. – № 12(3). – P. 245-257. (In English).
19. Enzymatic degradation of chitin using chitinase / W. Teng et al // Journal of Enzyme Research. – 2001. – № 14(2). – P. 112-118. (In English).
20. Structural properties of chitosan and its solubility / J.W. Park et al // Polymer Science Journal. – 2001. – № 18(4). – P. 312-318. (In English).
21. Zhao Y. N-carboxymethyl and N-carboxyethyl chitosan for food packaging / Y. Zhao, M. McDaniel // Journal of Agricultural Chemistry. – 2005. – № 53(10). – P. 421-428. (In English).

С.Е. Аман*, У.О. Тунгышбаева, М.К Услу, А.Ә. Жанболат
 Алматинский Технологический Университет,
 050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100
 *e-mail: erbolatovnass@mail.ru

РОЛЬ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВКИ В ХРАНЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В данной статье рассматривается роль биологических разлагаемых упаковок в решении проблемы увеличения сроков хранения пищевых продуктов. Обсуждаются экологические и экономические преимущества биологических разлагаемых упаковок, а также их свойства, способствующие сохранению качества продукции. В процессе анализа исследований в области биоразлагаемой упаковки проведён обзор научных трудов и литературных источников по данной теме. Исследуются работы различных учёных, посвящённые биоразлагаемой упаковке, их основные результаты и рекомендации. Также проводится обзор международного опыта и стандартов, оцениваются текущая ситуация и перспективы развития применения биоразлагаемой упаковки в

Казахстане. Кроме того, особое внимание уделяется положительному влиянию таких упаковок на окружающую среду, особенно скорости разложения отходов. Уделяется приоритетное внимание улучшению свойств биоразлагаемых упаковок на основе природных полимеров и их эффективному использованию для сохранения безопасности продуктов, таких как хлебобулочные изделия. Такие упаковки не только снижают вред для природы, но и улучшают качество пищевых продуктов. В настоящее время данные технологии способствуют развитию экологически чистого производства и повышению экономической эффективности. Также увеличение производства и использования биоразлагаемых упаковок рассматривается как важная часть реализации целей устойчивого развития.

Ключевые слова: биологически разлагаемая упаковка, хранение пищевых продуктов, экологически чистая упаковка, срок хранения, полимерные материалы.

S.E. Aman, U.O. Tungyshbayeva, M.K.Uslu, A.Ä. Zhanbolat
Almaty Technological University,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole bi 100,
*e-mail: erbolatovnass@mail.ru

THE ROLE OF BIODEGRADABLE PACKAGING IN FOOD PRESERVATION

This article examines the role of biodegradable packaging in addressing the issue of extending the shelf life of food products. The ecological and economic advantages of biodegradable packaging, as well as its properties that contribute to preserving product quality, are discussed. A review of scientific studies and literature in the field of biodegradable packaging is conducted. Research by various scientists on biodegradable packaging, their key findings, and recommendations are analyzed. Furthermore, an overview of international practices and standards is provided, and the current state and prospects for the use of biodegradable packaging in Kazakhstan are assessed. Special attention is given to the positive impact of such packaging on the environment, particularly the decomposition rate of waste. Priority is placed on improving the properties of biodegradable packaging based on natural polymers and their efficient use in ensuring the safety of food products such as bakery items. These packages not only reduce harm to nature but also enhance the quality of food products. Currently, such technologies contribute to the development of environmentally friendly production and economic efficiency. Additionally, increasing the production and use of biodegradable packaging is considered an essential part of achieving sustainable development goals.

Key words: biodegradable packaging, food preservation, eco-friendly packaging, shelf life, polymeric materials.

Авторлар туралы мәліметтер

Сағыныш Ерболатқызы Аман* – «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: erbolatovnass@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Улбала Облбековна Тунгышбаева – PhD, «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының қауым.проф., Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Мустафа Кемаль Услу – Ақдениз университеті, Инженерлік факультеттің тағам инженериясы бөлімінің профессоры. Түркия, Анталия қ.; e-mail: mkuslu@akdeniz.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3622-0892>.

Алмас Әсетұлы Жанболат – «Тағам өнімдерінің сапасы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Сведения об авторах

Сағыныш Ерболатқызы Аман* – докторант кафедры «Качество и безопасность пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: erbolatovnass@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Улбала Облбековна Тунгышбаева – PhD, ассоц. проф. кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Мустафа Кемаль Услу – профессор кафедры пищевой инженерии инженерного факультета Университета Ақдениз, Турция, г. Анталия; e-mail: mkuslu@akdeniz.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3622-0892>.

Алмас Әсетұлы Жанболат – докторант кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов», Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Information about the authors

Sagynysh Erbolatkyzy Aman* – PhD student at the Department of «Food Product Quality and Safety», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: erbolatovnass@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Ulbalal Oblbekovna Tungyshbaeva – PhD, Associate Professor, Department of «Food safety and quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Mustafa Kemal Uslu – Professor at the Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Akdeniz University, Antalya, Turkey; e-mail: mkuslu@akdeniz.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3622-0892>.

Almas Asetuly Zhanbolat – doctoral student of the department «Food safety and quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Редакцияға енуі 08.01.2025
Өңдеуден кейін түсуі 04.02.2025
Жариялауға қабылданды 05.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-17](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-17)



МРНТИ 65.33.03

Г.Д. Акшораева*, М.М. Какимов, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков, Б.Т. Рзаев
Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина
010000, Республика Казахстан, г.Астана, ул.Женис 62
*e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРЕЧНЕВОЙ МУКИ НА КУКУРУЗНЫЙ ЗЕИН

Аннотация: В статье рассматривается влияние кукурузного зеина на реологию теста из гречневой муки. Одним из основных аспектов исследования реологических свойств является вязкость, растяжимость, эластичность, водопоглощительная способность теста, которая зависит от концентрации добавленного зеина.

Пшеничная мука в основном используется в хлебопечении из-за важной роли белковой фракции клейковины в процессе приготовления теста. Так как в тесте из гречневой муки отсутствует клейковина решением является имитация вязкоупругой сети глютена. Цель данного исследования - систематически изучить влияние добавления зеина на реологическое поведение гречневого теста, чтобы определить оптимальные пропорции, которые могут улучшить характеристики теста. Добавление зеина увеличивает вязкость на начальных (2625МПа*с) и финальных этапах (1895МПа*с), что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. Однако, при повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°С до 95°С. Тесто с содержанием зеина 30%, продемонстрировало растяжение похожего на пшеничное тесто. Увеличение концентрации зеина приводит к формированию более жесткой и эластичной структуры теста, которая обладает повышенной устойчивостью к деформации. Однако, чрезмерно высокое содержание зеина может привести к чрезмерно жесткому тесту, что негативно скажется на его технологических свойствах и качестве готового изделия. Поэтому, оптимальная концентрация зеина подобрана с учетом конкретных требований к реологическим характеристикам теста и желаемым свойствам конечного продукта.

Ключевые слова: зерновые культуры, тесто, безглютеновые продукты, кукурузного зеина, вязкость, реология.

Введение

Зерновые культуры потребляются различными способами, но хлеб является уникальным продуктом, поскольку он потребляется повсеместно и так было на протяжении более 4000 лет [1]. Хлебные изделия в разных странах мира сильно различаются, а также технологии их производства. Однако в основном хлеб изготавливается из четырех основных компонентов – муки, воды, дрожжей и соли [2]. Пшеничная мука в основном используется в

хлебопечении из-за важной роли белковой фракции клейковины, входящей в ее состав, в процессе приготовления теста. Клейковина придает тесту связность и способствует удержанию CO_2 в процессе брожения теста [3].

Проламин кукурузного зерна – зеин показал некоторую перспективность в поведении как пшеничная клейковина, поскольку он может образовывать вязкоупругую белковую сеть, когда белок удерживается и смешивается при 35°C , что выше его температуры стеклования [4]. Зеин может быть вязкоупругим, когда он освобождается и отделяется от белковых тел, а также когда он увлажняется выше температуры стеклования и при сдвиге. Это связано с тем, что в процессе замеса теста образуются волокна зеина, которые по внешнему виду напоминают глютелиновые волокна.

Исследование реологических свойств гречневого теста с добавлением зеина в различных пропорциях является важной областью изучения в пищевой науке, особенно в контексте безглютеновых рецептов. Гречка, псевдозерновая крупа, известная своими питательными свойствами, привлекает внимание благодаря высокому содержанию белка и клетчатки, а также потенциальным полезным свойствам, включая противовоспалительные и антиоксидантные. Понимание реологии гречневого теста крайне важно, поскольку она напрямую влияет на текстуру, эластичность и общее качество пищевых продуктов. Реология, изучающая течение и деформацию материалов, играет ключевую роль в разработке рецептов продуктов питания, влияя на их обработку и потребительское восприятие. Зеин, производный белок кукурузы, получил признание благодаря своим пленкообразующим и эмульгирующим свойствам, что делает его привлекательной добавкой в пищевых продуктах. Его уникальные характеристики могут повысить структурную целостность и влагоудержание безглютенового теста, потенциально улучшая текстурные характеристики продуктов на основе гречихи [5, 6].

Цель данного исследования – систематически изучить влияние добавления зеина на реологическое поведение гречневого теста, чтобы определить оптимальные пропорции, которые могут улучшить характеристики теста. В существующей литературе освещены предыдущие исследования реологических свойств гречневого теста и применения зеина в различных пищевых системах. Исследования показали влияние содержания белка на характеристики теста, однако остается пробел в понимании специфических взаимодействий между гречневой мукой и зеином. Используя строгие экспериментальные методики, данное исследование призвано внести ценный вклад в эту область, прояснив, как модификации зеина могут влиять на реологические свойства гречневого теста, и тем самым информируя о будущих инновациях в разработке безглютеновых продуктов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является мука из зеленой гречихи по ГОСТ 31645-2012 [7], сырье приобретено у ТОО «Казына». Кукурузный зеин получен в лабораторных условиях методом экстракции [8].

Метод вискоамилографии по стандарту AACCS 76-31 [9], по которому определяли на вискоамилографе Брабендера марки Perten RVA4500 (Perten Instruments, Швеция), который измеряет тестовые качества крахмала в муке, в частности, его чувствительность к присутствующей альфа-амилазе.

Метод измерения консистенции теста под воздействием замеса и изменения температуры проводили на приборе Mixolab (Chopin technologies, Франция) [10].

Влажность определяли по ГОСТ 13586.5-2015 [11].

Результаты экспериментальных исследований и математическую обработку измерений проводили с использованием стандартных компьютерных программ MS Office по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждения

На основе проведенных экспериментальных исследований определили поведение смеси гречневой муки с добавлением зеина в разных пропорциях. Использовалось различное процентное содержание кукурузного зеина (10%, 15%, 20% и 30%). В процессе нагревания, желатинизации и охлаждения гречневая мука демонстрирует высокую вязкость на начальном этапе ($500\text{--}800\text{ мПа}\cdot\text{с}$), что связано с растворением полисахаридов. Пик достигает $1800\text{--}2500\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Температура измерения вязкости начинается с 50°C , так как фиксируется базовая вязкость, как отправная точка для построения кривой. Более высокая температура ускоряет гидратацию крахмала и белков, приводя к более быстрому образованию стабильной

структуры теста. Однако, чрезмерно высокая температура может денатурировать белки, нарушая их функциональные свойства и снижая качество теста. Оптимальный температурный режим зависит от многих факторов, включая тип муки, содержание влаги и желаемые свойства готового продукта. Измерение происходит за 13 минут при скорости в начале при 960 об/мин, далее при 160 об/мин.

Для получения наилучших результатов вес образца и количество добавленной воды скорректированы на содержание влаги в образце, чтобы получить постоянный сухой вес. Для корректирования массы образца рассчитана по формуле 1:

$$M2 = (100 - 14) \times M1 / (100 - W1) \quad (1)$$

где, M1 = масса образца материала (3,50 г)

M2 = скорректированная масса образца (г)

для корректирования объема воды рассчитана по формуле 2:

$$W2 = 25,0 + (M1 - M2) \quad (2)$$

где, W1 = фактическое содержание влаги в образце (% как есть)

W2 = скорректированный объем воды (мл)

14 – стандартная влажность муки [11].

При охлаждении происходит реассоциация молекул крахмала (амилозы и амилопектина), что приводит к образованию гелеобразной структуры с увеличением вязкости до достижения конечной вязкости. Эта фаза называется «откат» и связана с реорганизацией молекул крахмала и тенденцией к ретроградации [12, 13].

На рисунке 1 приведена кривая вязкость смеси гречневой муки с разными содержаниями зеина.

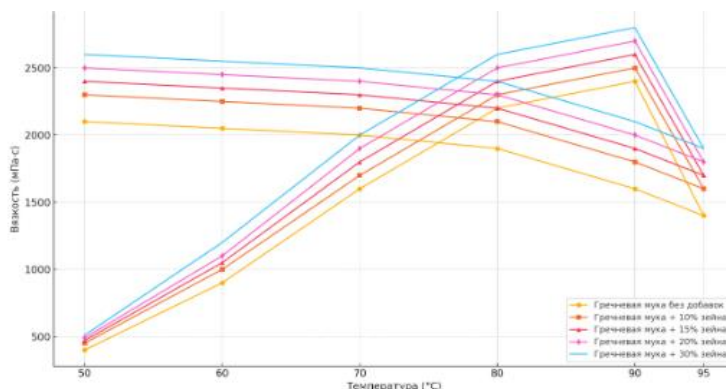


Рисунок 1 – Кривая вязкость смеси гречневой муки с разными содержаниями зеина

В графике заметно, что пиковая вязкость образцов с добавлением зеина показывает уменьшение набухания крахмала, а минимальная вязкость стабилизирует крахмал, замедляя его разжижение за счет зеина. С повышением количества зеина, улучшается вязкость теста, улучшается вязкоупругая сеть зеина. Если отметить скорость гелеобразования, разница между пиковой и минимальной вязкостью, показывающая степень термического разрушения крахмала, отмечается способностью теста восстанавливать структуру при охлаждении. Зависимость температуры к вязкости показана на таблице 1.

Таблица 1 – Показатели вязкости при разной температуре

Наименование образцов	Температура, С					
	50	60	70	80	90	95
Контрольный образец	500	1000	1852	2500	2800	1500
Гречневая мука без зеина	2254	2141	2000	1835	1685	1436
Гречневая мука+зеин 10%	2487	2426	2375	2305	1869	1684
Гречневая мука+зеин 15%	2492	2455	2315	2264	1905	1640
Гречневая мука+зеин 20%	2500	2421	2369	2600	2000	1755
Гречневая мука+зеин 30%	2625	2596	2500	2482	2267	1895

Добавление зеина увеличивает вязкость на начальных и финальных этапах, что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. При повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°C до 95°C.

На рисунке 2 показаны измерения реологии теста с использованием прибора Mixolab. В графиках отображены крутящий моменты (сопротивление теста вращению лопастей) в реальном времени.

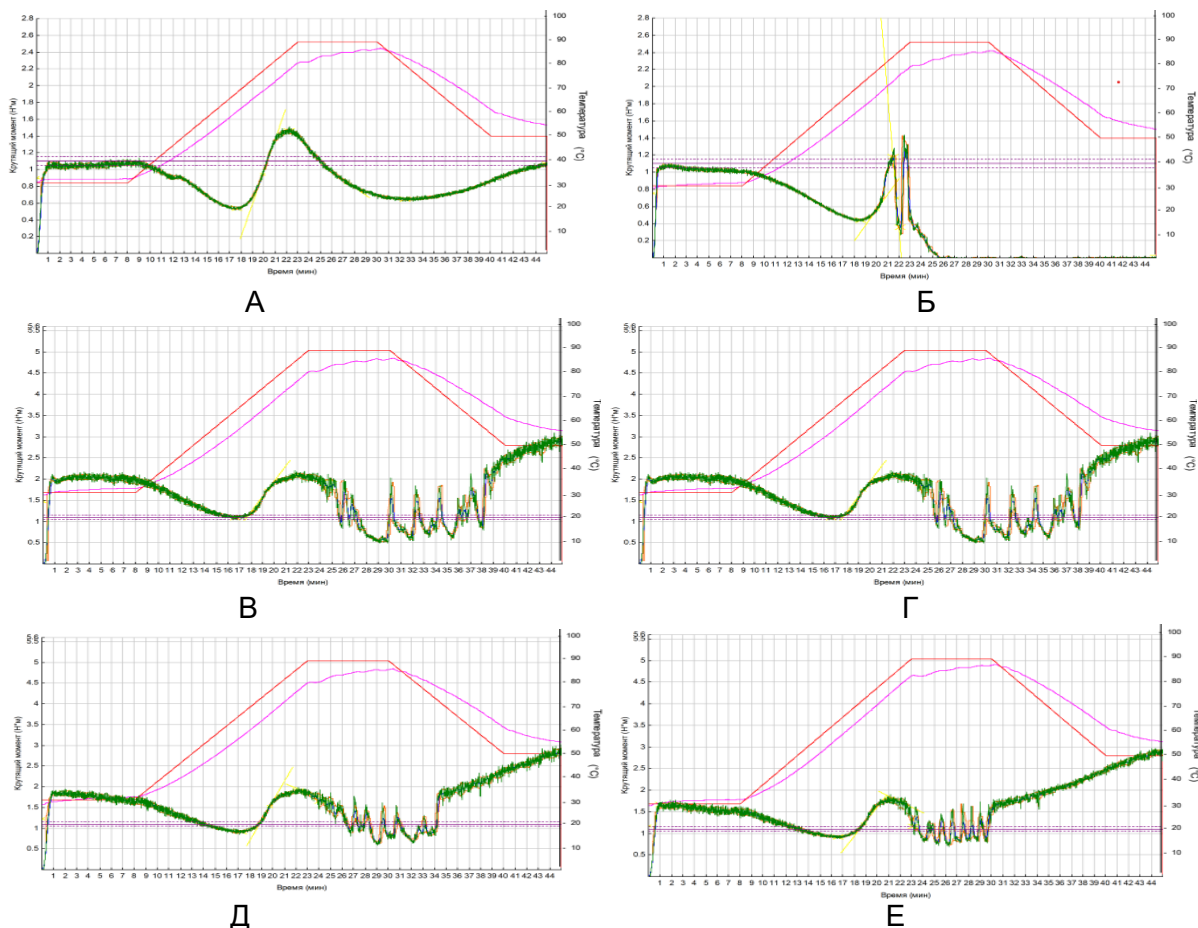


Рисунок 2 – График измерения реологии теста

А – контрольный образец; Б – гречневая мука без зеина; В – гречневая мука+10%; Г – гречневая мука+15%; Д – гречневая мука+20%; Е – гречневая мука+30%

В графике Б гречневая мука без зеина показывает низкую способность создавать тестовую структуру, так как отсутствует клейковина, так же выявлена снижение вязкости из-за активной ферментативной активности. Определено, что гречневая мука имеет высокое водопоглощение, это выше 60%. Исходя из ВПС смешение зеина с гречневой мукой дает более стабильное тесто, но начальный момент (С1) остается низким, так как нет клейковинной сети. График В показывает нестабильную структуру с 23 до 39 минуты. С повышением концентрации зеина как мы видим на графике Е, с 30-ой минуты улучшаются реологические свойства, создавая более стабильную матрицу в тесте. Это означает что, зеин защищает крахмал от интенсивного разрушения.

Рисунок 3 демонстрирует, что увеличение концентрации зеина с 10% до 30% существенно влияет на растяжимость теста. На рисунке 3 показано тесто с содержанием зеина 30%, чтобы продемонстрировать растяжение теста похожего на пшеничное тесто. Увеличение концентрации зеина приводит к формированию более жесткой и эластичной структуры теста, которая обладает повышенной устойчивостью к деформации. Однако, чрезмерно высокое содержание зеина может привести к чрезмерно жесткому тесту, что негативно скажется на его технологических свойствах и качестве готового изделия. Поэтому,

оптимальная концентрация зеина подобрана с учетом конкретных требований к реологическим характеристикам теста и желаемым свойствам конечного продукта.



Рисунок 3 – Тесто из гречневой муки с зеином 30%

Заключение

По результатам исследования выявлено зависимость вязкости к температуре гречневой муки с добавлением кукурузного зеина. Добавление зеина 30% увеличивает вязкость, что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. При повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°C до 95°C. Таким образом, развитие вязкоупругой сети за счет зеина дает возможность решить проблемы с реологией теста в безглютеновых изделиях. Добавление в тесто кукурузного зеина требует еще научно-обоснованных результатов для улучшения его органолептических, физических, нутрицевтических свойств. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию рецептуры и процесса приготовления теста с использованием зеина для получения продуктов с улучшенными потребительскими свойствами. Например, изучение влияния различных модификаций зеина, использование различных типов муки и добавок может значительно расширить возможности применения зеина в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Bean S.R. Zein functionality in viscoelastic dough for baked food products / S.R. Bean, P.A. Akin, F.M. Aramouni // *Journal of Cereal Science*. – 2021. – Т. 100. – С. 103270.
2. Gluten-free grains: Importance, processing and its effect on quality of gluten-free products / S. Kaur et al // *Critical reviews in food science and nutrition*. – 2024. – Т. 64, № 7. – С. 1988-2015.
3. Hamelman J. Bread. Technology and recipes. St. Petersburg / J. Hamelman // *Profession*. – 2017.
4. Thermal treatment of dry zein to improve rheological properties in gluten-free dough / E. Federici et al // *Food Hydrocolloids*. – 2021. – Т. 115. – С. 106629.
5. Effect of Zein on Buckwheat Dough Properties / J. Li et al // *Science and Technology of Food Industry*. – 2023. – Volume 44, Issue 6. – С. 1-7
6. Increasing and stabilizing β -sheet structure of maize zein causes improvement in its rheological properties / C.D. Mejia et al // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2012. – Т. 60, № 9. – С. 2316-2321.
7. ГОСТ 31645-2012. Мука для продуктов детского питания. Технические требования. – Москва: Сатндартинформ, 2019. – 8 с.
8. Исследование реологических свойств зеинового теста и его качественные показатели / Г.Д. Акшораева и др. // *Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки*. – 2023. – Т. 1, № 4 (12). – С. 120-131.
9. Стандарт ААСС 76-31 Определение в муке количества крахмала.
10. Стандарт ААСС 54-60-01 Определение функционального назначения муки.
11. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. – Москва: Сатндартинформ, 2019. – 14 с.
12. Крупенникова В.Е. Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II+ Pro / В.Е. Крупенникова, В.Д. Раднаева, Б.Б. Танганов // *Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ*. – 2011.
13. Мысаков Д.С. Исследование реологических свойств альтернативных видов муки / Д.С. Мысаков, Е.В. Крюкова, О.В. Чугунова // *Технические науки – от теории к практике*. – 2014. – № 38. – С. 105-110.

References

1. Bean S.R. Zein functionality in viscoelastic dough for baked food products / S.R. Bean, P.A. Akin, F.M. Aramouni // Journal of Cereal Science. – 2021. – T. 100. – S. 103270. (In English).
2. Gluten-free grains: Importance, processing and its effect on quality of gluten-free products / S. Kaur et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2024. – T. 64, № 7. – S. 1988-2015. (In English).
3. Hamelman J. Bread. Technology and recipes. St. Petersburg / J. Hamelman // Profession. – 2017. (In English).
4. Thermal treatment of dry zein to improve rheological properties in gluten-free dough / E. Federici et al // Food Hydrocolloids. – 2021. – T. 115. – S. 106629. (In English).
5. Effect of Zein on Buckwheat Dough Properties / J. LI et al // Science and Technology of Food Industry. – 2023. – Volume 44, Issue 6. – S. 1-7. (In English).
6. Increasing and stabilizing β -sheet structure of maize zein causes improvement in its rheological properties / C.D. Mejia et al // Journal of agricultural and food chemistry. – 2012. – T. 60, № 9. – S. 2316-2321. (In English).
7. GOST 31645-2012. Muka dlya produktov detskogo pitaniya. Tekhnicheskie trebovaniya. – Moskva: Satndartinform, 2019. – 8 s. (In Russian).
8. Issledovanie reologicheskikh svoystv zeinovogo testa i ego kachestvennye pokazateli / G.D. Akshoraeva i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2023. – T. 1, № 4 (12). – S. 120-131. (In Russian).
9. Standart AASS 76-31 Opredelenie v muke kolichestva krakhmala. (In Russian).
10. Standart AACC 54-60-01 Opredelenie funktsional'nogo naznacheniya muki. (In Russian).
11. GOST 13586.5-2015. Zerno. Metod opredelenie vlazhnosti. – Moskva: Satndartinform, 2019. – 14 s. (In Russian).
12. Krupennikova V.E. Opredelenie dinamicheskoi vyazkosti na rotatsionnom viskozimetre Brookfield RVDV-II+ Pro / V.E. Krupennikova, V.D. Radnaeva, B.B. Tanganov // Ulan-Udeh: Izd-vo VSGTU. – 2011. (In Russian).
13. Mysakov D.S. Issledovanie reologicheskikh svoystv al'ternativnykh vidov muki / D.S. Mysakov, E.V. Kryukova, O.V. Chugunova // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike. – 2014. – № 38. – S. 105-110. (In Russian).

Г.Д. Акшораева*, М.М. Какимов, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков, Б.Т. Рзаев

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті

010000 Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс к-сі, 62

*e-mail: gauhkar_01.88@mail.ru

ҚАРАҚҰМЫҚ ҰНЫНЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ЖҮГЕРІ ЗЕИНІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

Мақалада жүгері зеинінің қарақұмық ұнынан жасалған қамырдың реологиясына әсері қарастырылады. Реологиялық қасиеттерді зерттеудің негізгі аспектілерінің бірі-қосылған зеиннің концентрациясына байланысты сынақтың тұтқырлығы, созылуы, серпімділігі, суды сіңіру қабілеті.

*Бидай ұны негізінен қамырды дайындау процесінде глютенді ақуыз фракциясының маңызды рөліне байланысты нан пісіруде қолданылады. Қарақұмық ұнынан жасалған қамырда глютен жоқ болғандықтан, шешім глютеннің вискоэластикалық желісіне еліктеу болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты-қамырдың сипаттамаларын жақсартатын оңтайлы пропорцияларды анықтау үшін қарақұмық қамырының реологиялық мінез-құлқына Зеин қосудың әсерін жүйелі түрде зерттеу. Зеинді қосу бастапқы (2625мПа*С) және соңғы кезеңдерде (1895мПа*с) тұтқырлықты арттырады, бұл оның ылғалдануына және оның құрылымын жақсартып отырып, сынақ компоненттерімен өзара әрекеттесуіне байланысты. Алайда, температураның жоғарылауымен қамырдың тұтқырлығы төмендейді, бұл молекулалық процестердің үдеуіне байланысты (крахмалдың ісінуі, белоктардың денатурациясы). Ең айқын төмендеу 80°С-тан 95°С-қа ауысқанда пайда болады, құрамында 30% Зеин бар қамыр бидай қамырына ұқсас созылуды көрсетті. Зеин концентрациясының жоғарылауы деформацияға төзімділігі жоғары қатаң және серпімді қамыр құрылымының пайда болуына әкеледі. Алайда, зеиннің шамадан тыс көп мөлшері оның технологиялық қасиеттеріне және дайын өнімнің сапасына теріс әсер ететін қатты сынаққа әкелуі мүмкін. Сондықтан зеиннің оңтайлы концентрациясы сынақтың реологиялық сипаттамаларына және соңғы өнімнің қажетті қасиеттеріне қойылатын нақты талаптарды ескере отырып таңдалады.*

Түйін сөздер: астық дақылдары, қамыр, глютенсіз өнім, жүгері зеині, тұтқырлық, реология.

G.D. Akshoraeva*, M.M. Kakimov, G.Kh. Ospankulova, B.M. Iskakov, B.T. Rzaev
Kazakh Agrotechnical research university named after S. Seifullin
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis str. 62
*e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

DEPENDENCE OF PARAMETERS OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BUCKWHEAT FLOUR ON CORN ZEIN

The paper deals with the effect of corn zein on the rheology of buckwheat flour dough. One of the main aspects of the study of rheological properties is the viscosity, extensibility, elasticity, water absorption capacity of dough, which depends on the concentration of added zein.

*Wheat flour is mainly used in baking because of the important role of the gluten protein fraction in the dough making process. Since buckwheat flour dough lacks gluten, the solution is to mimic the viscoelastic network of gluten. The aim of this study is to systematically investigate the effect of zein addition on the rheological behaviour of buckwheat dough, in order to determine the optimal proportions that can improve the dough characteristics. The addition of zein increases the viscosity in the initial (2625mPa*s) and final stages (1895mPa*s), due to its hydration and interaction with the dough components, improving its structure. However, as the temperature increases, the viscosity of the dough decreases due to the acceleration of molecular processes (starch swelling, denaturation of proteins). The most noticeable decrease occurs between 80°C and 95°C. Dough with zein content of 30%, showed a stretching similar to wheat dough. Increasing zein concentration results in a stiffer and more elastic dough structure, which has increased resistance to deformation. However, an excessively high zein content can lead to an excessively stiff dough, which will negatively affect its technological properties and the quality of the finished product. Therefore, the optimal zein concentration is selected taking into account specific requirements to the rheological characteristics of the dough and the desired properties of the final product.*

Key words: cereals, dough, gluten-free products, corn zein, viscosity, rheology.

Сведения об авторах

Гаухар Дюсенгалиевна Акшораева* – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Мухтарбек Муканович Какимов – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темирбекович Рзаев – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Авторлар туралы мәліметтер

Гаухар Дюсенгалиевна Акшораева* – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Мухтарбек Муканович Какимов – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы; «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темирбекович Рзаев – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Information about the authors

Gaukhar Dyusengalieva Akshorayeva – doctoral student of the Department «Technology of Food and Processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Mukhtarbek Mukanovich Kakimov – Candidate of Technical Sciences, professor, Head of the Department «Technology of Food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the department «Technologies of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov – PhD, lecturer of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Bakhtiyar Temirbekovich Rzaev – doctoral student of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Поступила в редакцию 30.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-18](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-18)



MPHTI:65.63.03

**Е.С.Жарыкбасов*, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова,
Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова**
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: erlan-0975@mail.ru

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕРМЕНТАМИ

Аннотация: В статье обоснована актуальность применения направленное на изучение содержания тяжёлых металлов в молоке и их взаимодействие с ферментами. Необходимо отметить, что в настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение взаимодействия ферментов с тяжёлыми металлами в объектах окружающей среды, в живом организме. Известно, что отдельные тяжелые металлы как ингибируют активность отдельных ферментов, так и стимулирует их активность. Так, например, проведены исследования доказывающие, что кадмий стимулирует активность пероксидазы, но ингибирует активность каталазы вне зависимости от концентрации данного элемента в почве. Основной целью исследования было исследование взаимодействия солей тяжелых металлов с окислительно-восстановительными группами фермента молока. При исследовании взаимодействия солей свинца, кадмия, мышьяка и ртути с каталазой и пероксидазой установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк. Установлено восстановление активности пероксидазы молока после внесения овсяной крупы и дополнительной фильтрации по качественной реакции. При содержании свинца в образце молока 0,06 мг/л активность каталазы составило 4,98 Е, после

филтрации ее активность повысилась до 8,3 Е. При содержании кадмия в молоке 0,20 мг/л активность каталазы до филтрации составило 3,32 Е, после филтрации повысилось до 5,81 Е. При содержании ртути в молоке 0,011 мг/л активность каталазы до филтрации составило 2,49 Е, после филтрации повысилось до 4,15 Е. При содержании в молоке мышьяка 0,11 мг/л активность каталазы составило 6,64 Е, после филтрации повысилось до 8,3 Е. В настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение взаимодействия ферментов с тяжёлыми металлами в объектах окружающей среды, в живом организме, однако вопрос исследования по взаимодействию тяжёлых металлов с ферментами молока практически не изучен.

Ключевые слова: молоко, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, ферменты.

Введение

Молоко и молочные продукты относятся к продуктам повседневного спроса и исследованиям влияния техногенных факторов на качество молочного сырья, и в конечном итоге, на показатели безопасности молочных продуктов уделяется большое внимание.

Превышение содержания тяжёлых металлов в составе молока приводит к нарушению технологического процесса при производстве молочных продуктов, по-видимому, связано с взаимодействием отдельных металлов с ферментами молока. Нарушение технологического процесса производства молочных продуктов приводит к понижению показателей качества, пищевой и биологической ценности готового продукта. При этом, как отмечают исследователи, антиоксидантная система молока важна для определения нативности и биологической ценности исходного сырья, и определяет направленность переработки молока. К антиоксидантной системе молока относится также окислительно-восстановительная группа ферментов [2].

Металлы являются элементами, необходимые для полноценной жизнедеятельности и нормального функционирования организма в допустимых количествах в продуктах питания. Но в то же время избыточное содержание тяжёлых металлов наносит вред на организм человека, вызывая ряд заболеваний. Они могут попасть в продукты питания различными способами: через воздух, почву, воду, или же вследствие нарушений правил технологической обработки пищевых продуктов и сырья. Поэтому необходимо иметь представление о содержании предельно допустимого содержания тяжёлых металлов и их последствий, на целостную живую систему [3, 9].

Основные пути загрязнения тяжёлыми металлами пищевых продуктов, это, прежде всего, те регионы, где функционируют горнодобывающие и перерабатывающие промышленности, выхлопные газы автомобилей также загрязняют объекты окружающей среды токсичными элементами. Вместе с тем загрязнения пищевых продуктов тяжёлыми металлами также может наблюдаться при нарушении условий хранения продуктов питания и при применении некачественной упаковки [4, 8].

В последние годы многие исследования направлены на определение источников поступления токсичных элементов в молоко из объектов окружающей среды. Как известно молоко является «биоиндикатором» состояния окружающей среды. В основном в молоке содержание солей тяжёлых металлов превышает предельно допустимую концентрацию в городах, где функционируют горнодобывающие и перерабатывающие промышленности [11].

Казахстанскими учеными также отмечается высокое содержание таких элементов, как свинец, кадмий и цинк в молоке, полученном на территории бывшего Семипалатинского региона, вместе с тем на повышенное содержание токсичных элементов в продукции животноводства влияет функционирование горнодобывающих и обрабатывающих предприятий в Восточно-Казахстанской области [5].

Таким образом, необходимо отметить, что к токсичным элементам, которые понижают качества и пищевую ценность пищевых продуктов животного и растительного происхождения относятся радионуклиды, пестициды, микотоксины, но вместе с тем проблема загрязнения продукции животноводства солями тяжёлых металлов остаётся проблемой и до сегодняшнего дня [6, 10].

На основании выше изложенного в работе поставлена цель- исследование взаимодействия солей тяжёлых металлов с окислительно-восстановительными группами фермента молока.

Методы исследования

1) Определение свинца, кадмия, ртути и мышьяка

Определение свинца, кадмия, ртути и мышьяка были проведены на спектрометре по ГОСТ 26927-2019 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути и мышьяка», по ГОСТ 26932-2017 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца», по ГОСТ 26933-2017 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия».

Метод основан на минерализации проб в закрытом объеме аналитического автоклава при повышенной температуре и давлении.

2) Определение активности каталазы

Для проведения анализа были использованы две конические колбы. В первую колбу при температуре 20°C внесли сырое молоко в количестве 2 см³, во вторую колбу – пастеризованное молоко в количестве 2 см³ в качестве контрольного образца. В две колбы добавили дистиллированную воду в количестве 98 см³ при температуре 20°C, тщательно перемешали, в дальнейшем в две колбы добавили 0,3 % раствор перекиси водорода по 25 см³. Тщательно перемешивали, закрыли пробкой и поместили в термостат при температуре 25°C и записали время. Затем по истечении 30 минут добавили 10% раствор серной кислоты в количестве 5 см³, затем титровали до розового окрашивания раствором перманганата калия.

Активность каталазы рассчитывали по формуле:

$$AE = (V_k - V_o) \times 0,83 \quad (1)$$

V_k – объем раствора перманганата калия, потраченное на титрование пастеризованного молока;

V_o – объем раствора перманганата калия, потраченное на титрование сырого молока;

0,83 – масса 1 мкМ пероксида водорода.

3) Определение активности пероксидазы

В пробирку наливали 5 см³ молока, затем добавили 5 капель раствора йодкалийевого крахмал, а также 5 капель раствора перекиси водорода. После каждого добавления реактива содержимое пробирки перемешивали. По истечении 2 минут проводили анализ изменения окраски в пробирке.

Если содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, это означает пероксидаза активно, в том случае, если окраска содержимого пробирки не изменилось, то значит, активность пероксидазы изменилась.

В данной работе активность каталазы была определена расчетным методом, активность пероксидазы методом изменения окраски было достаточно. Так как, фермент пероксидаза применяется в промышленности для определения эффективности пастеризации молока.

Результаты исследования

На основе проведенных экспериментальных исследований были выбраны два фермента молока – каталаза и пероксидаза. Эти ферменты относятся к оксидоредуктазам, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции. Вместе с тем каталаза применяется в молочной промышленности для определения маститного молока. Пероксидаза же для определения эффективности пастеризации при температуре выше 80°C.

Выбор для исследования данных ферментов можно объяснить тем, что данные ферменты, как относящиеся к группе оксидоредуктаз, определяет наряду с другими веществами молока окислительно-восстановительный потенциал молока. От понижения или повышения окислительно-восстановительного потенциала зависят все биохимические процессы (сбраживание, образование ароматических веществ и др.), которые протекают в молоке в процессе технологической обработки молока.

На первом этапе была определена изменение активности каталазы в молоке при разном содержании в них солей тяжелых металлов.

Результаты расчета активности каталазы при повышенном содержании свинца и кадмия представлены на рисунке 1 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием».

Как видно из рисунка 1 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием» увеличение содержания свинца в молоке активность каталазы понижается. Вместе с тем, величина стандартной единицы активности фермента каталаза, как показывают расчеты по результатам исследования воздействия свинца на каталазу

молока, находится в пределах от 4 до 16 Е, соответствующая величине активности каталазы в свежем молоке, а увеличение содержания кадмия в молоке активность каталазы также понижается, но кадмий в отличие от свинца в большей степени оказывает ингибирующее действие на активность каталазы, чем свинец.

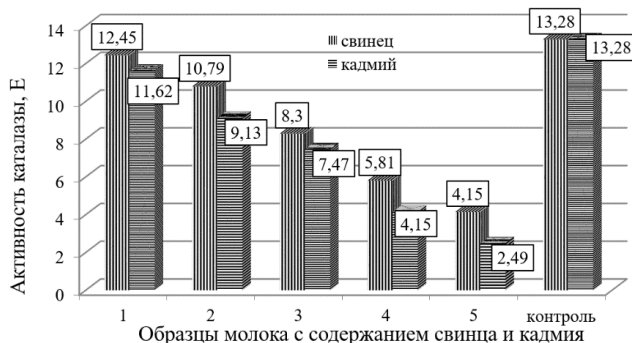


Рисунок 1 – Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием

Примечание: 1 образец – 0,036 мг/кг свинца и 0,12 мг/л кадмия; 2 образец – 0,042 мг/кг свинца и 0,14 мг кадмия; 3 образец – 0,048 мг/кг свинца и 0,16 мг/кг кадмия; 4 образец – 0,054 мг/кг свинца и 0,18 мг/кг кадмия; 5 образец – 0,06 мг/кг свинца и 0,20 мг/кг кадмия

Результаты расчета активности каталазы при повышенном содержании ртути и мышьяка представлены на рисунке 2 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком».

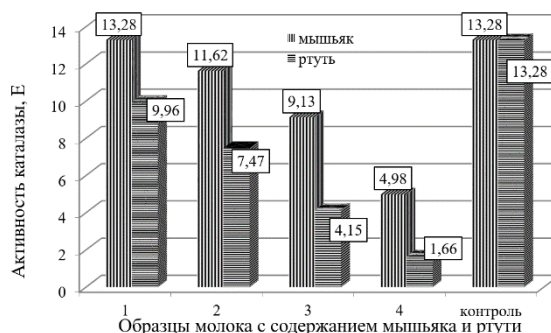


Рисунок 2 – Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком

Примечание: 1 образец – 0,065 мг/кг мышьяка и 0,0065 мг/кг ртути; 2 образец – 0,08 мг/л мышьяка и 0,008 мг/л ртути; 3 образец – 0,095 мг/л мышьяка и 0,0095 мг/л ртути; 4 образец – 0,11 мг/л мышьяка и 0,011 мг/л ртути

Как видно из рисунка 2 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком» ртуть оказывает значительное влияние на понижение активности фермента каталаза. Так, при содержании в молоке 0,0065 мг/л ртути активность фермента каталазы уменьшается до 9,96 Е, то есть в сравнении с контрольным образцом на 3,32 Е. При содержании ртути в молоке 0,008 мг/л активность каталазы понизилась до 7,47 Е; при 0,0095 мг/л – 4,15 Е; при 0,011 мг/л – 1,66 Е. Мышьяк же в отличие от ртути оказывает ингибирующее действие на фермент каталазу, но вместе с тем, их действие незначительно.

На следующем этапе было проведено исследование влияния содержания солей тяжелых металлов на активность пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию свинца с ферментом пероксидаза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании свинца в молоке

Наименование элемента	Содержание свинца в молоке, мг/л				
	0,036	0,042	0,048	0,054	0,06
Свинец	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	не изменилась

Как видно из таблицы 1 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании свинца в молоке» при содержании свинца в молоке в количестве от 0,036 до 0,054 мг/л содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, то есть активность пероксидазы не изменилась. С увеличением содержания свинца в молоке до 0,06 мг/л окраска молока в пробирке не изменилось, что свидетельствует о том, что с увеличением в два раза содержания свинца в молоке активность пероксидазы молока понизилась

Результаты проведенных исследований по взаимодействию кадмия с ферментом пероксидаза представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании кадмия в молоке

Наименование элемента	Содержание кадмия в молоке, мг/л				
	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
кадмий	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	не изменилась	не изменилась

Как видно из таблицы 2 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании кадмия в молоке» при содержании кадмия в молоке в количестве от 0,12 до 0,16 мг/л содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, то есть активность пероксидазы не изменилась. С увеличением содержания кадмия в молоке от 0,18 до 0,20 мг/л окраска молока в пробирке не изменилось, что свидетельствует о том, что активность пероксидазы молока понизилась.

Из двух элементов, кадмий в большей степени, чем свинец влияет на активность пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию ртути с ферментом пероксидаза представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании ртути в молоке» ртуть воздействует на активность пероксидазы в значительной степени. При повышении уровня ртути в молоке до 0,008 мг/л наблюдается изменение активности пероксидазы.

Таблица 3 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании ртути в молоке

Наименование элемента	Содержание ртути в молоке, мг/л			
	0,0065	0,008	0,0095	0,011
ртуть	сине-фиолетовый цвет	не изменилась	не изменилась	не изменилась

Необходимо отметить, что ртуть значительно влияет также на понижение активности пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию мышьяка с ферментом пероксидаза представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании мышьяка в молоке

Наименование элемента	Содержание мышьяка в молоке, мг/л			
	0,065	0,08	0,095	0,11
мышьяк	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет

Как видно из таблицы 4 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании мышьяка в молоке» мышьяк не воздействует на активность пероксидазы.

Обсуждение результатов исследования

На основании проведенных исследований установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк. На понижение же активности

пероксидазы в наибольшей степени влияет ртуть и кадмий, свинец понижает активность данного фермента при повышении его дозы в молоке в два раза выше норм ПДК, мышьяк не влияет на изменение активности пероксидазы. То есть, в наибольшей степени на понижение активности каталазы и пероксидазы влияет ртуть. Затем кадмий оказывает влияние на активность исследуемых ферментов в количестве от 0,18 до 0,20 мг/л. Свинец и мышьяк влияют на активность каталазы в незначительной степени при повышении его содержания в молоке в два раза. Свинец влияет на активность пероксидазы при повышении его содержания в молоке в два раза, мышьяк же вообще не оказывает на него воздействие. Учитывая, что из 4 элементов, ртуть, кадмий и свинец влияют на изменение активности данных ферментов необходимо проводить очистку молока, именно, от этих тяжелых металлов.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк.

Список литературы

1. Новоселова Е.И. Влияние загрязнения кадмием на ферментативную активность чернозема обыкновенного / Е.И. Новоселова, С.А. Башкатов // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19, № 4. – С. 1204-1207.
2. Добриян Е.И. Антиоксидантная система молока / Е.И. Добриян // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т. 82, № 2. – С. 101-106.
3. Жидкин В.И. Радиоактивные загрязнения пищевых продуктов, их последствия для здоровья человека и радиозащита питанием / В.И. Жидкин, Т.И. Сульдина // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 2 частях – Саранск, 2014. – С. 118-122.
4. Жидкин В.И. Пути загрязнения продовольствия / В.И. Жидкин, А.М. Семушев // Третьи чтения памяти профессора О.А. Зауралова: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Саранск, 13 мая 2011 г. – Саранск, 2011. – С. 20-23.
5. Перспективные направления применения цеолита для очистки молока от токсикоэлементов / А.К. Какимов и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Том 48, № 1. – С. 143-149.
6. Ужахова Л.Я. Исследование молока на содержание тяжелых металлов / Л.Я. Ужахова // Colloquium-journal. – 2018. – № 4-2(15). – С. 60-61.
7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus et al // South African journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166-169.
8. Knowledge and acceptance of functional foods: A preliminary study on influence of a synbiotic fermented milk on athlete health/ M.M. Coman et al // International Journal of Probiotics and Prebiotics. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 33-41.
9. Marynchenko L. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 4. – P. 3-10.
10. Agbugui A. Levels of Some Heavy Metals in Fresh Cow Milk obtained from Herder settlement around Okada, Benin City, Edo State Nigeria. / A. Peter Agbugui, C. Luke Orjekwe, S. Abiodun Solola // IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC). – 2020. – Volume 15, Issue 6 Ser. II – P. 23-29.
11. Investigation of heavy metal contents in Cow milk samples from area of Dhaka, Bangladesh / M.I. Muhib et al // International journal of Food Contamination. – 2016, 3:16.

References

1. Novoselova E.I. Vliyanie zagryazneniya kadmиеm na fermentativnuyu aktivnost' chernozema obyknovennogo / E.I. Novoselova, S.A. Bashkatov // Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2014. – Т. 19, № 4. – S. 1204-1207. (In Russian).
2. Dobriyan E.I. Antioksidantnaya sistema moloka / E.I. Dobriyan // Vestnik VGUIT. – 2020. – Т. 82, № 2. – S. 101-106. (In Russian).

3. Zhidkin V.I. Radioaktivnye zagryazneniya pishchevykh produktov, ikh posledstviya dlya zdorov'ya cheloveka i radiozashchita pitaniem / V.I. Zhidkin, T.I. Sul'dina // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 2 chastyakh – Saransk, 2014. – S. 118-122. (In Russian).
4. Zhidkin V.I. Puti zagryazneniya prodovol'stviya / V.I. Zhidkin, A.M. Semushev // Tret'i chteniya pamyati professora O.A. Zauralova: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Saransk, 13 maya 2011 g. – Saransk, 2011. – S. 20-23. (In Russian).
5. Perspektivnye napravleniya primeneniya tseolita dlya ochistki moloka ot toksikoehlementov / A.K. Kakimov i dr. // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2018. – Tom 48, № 1. – S.143-149. (In Russian).
6. Uzhakhova L.YA. Issledovanie moloka na sodержanie tyazhelykh metallov / L.YA. Uzhakhova // Colloquium-journal. – 2018. – № 4-2(15). – S. 60-61. (In Russian).
7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus et al // South African journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166-169. (In English).
8. Knowledge and acceptance of functional foods: A preliminary study on influence of a synbiotic fermented milk on athlete health/ M.M. Coman et al // International Journal of Probiotics and Prebiotics. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 33-41. (In English).
9. Marynchenko L. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 4. – P. 3-10. (In English).
10. Agbugui A. Levels of Some Heavy Metals in Fresh Cow Milk obtained from Herder settlement around Okada, Benin City, Edo State Nigeria. / A. Peter Agbugui, C. Luke Orjekwe, S. Abiodun Solola // IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC). – 2020. – Volume 15, Issue 6 Ser. II – P. 23-29. (In English).
11. Investigation of heavy metal contents in Cow milk samples from area of Dhaka, Bangladesh / M.I. Muhib et al // International journal of Food Contamination. – 2016, 3:16. (In English).

Е.С. Жарыкбасов*, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова,

Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова¹

Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А
*e-mail: erlan-0975@mail.ru

СҮТТЕГІ АУЫР МЕТАЛЛ ТҰЗДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ФЕРМЕНТТЕРМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН ТАЛДАУ

Мақалада сүттегі ауыр металдардың құрамын және олардың ферменттермен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған қолданудың өзектілігі негізделген. Қазіргі уақытта қоршаған орта объектілеріндегі, тірі организмдегі ферменттердің ауыр металдармен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған зерттеулер жүргізіліп жатқанын атап өткен жөн. Жеке ауыр металдар жеке ферменттердің белсенділігін тежейтіні және олардың белсенділігін ынталандыратыны белгілі. Мәселен, мысалы, кадмий пероксидаза белсенділігін ынталандыратынын, бірақ топырақтағы берілген элементтің концентрациясына қарамастан каталаза белсенділігін тежейтінін дәлелдейтін зерттеулер жүргізілді. Зерттеудің негізгі мақсаты ауыр металл тұздарының сүт ферментінің тотығу-тотықсыздану топтарымен әрекеттесуін зерттеу болды. Қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап тұздарының каталаза және пероксидазамен әрекеттесуін зерттегенде зерттелетін ауыр металдардың тұздары каталаза және пероксидаза ферментіне тек тежегіш әсер ететіні анықталды. Бұл жағдайда ең ингибиторлық әсер сынап және кадмий сияқты элементтердің тұздарымен, одан кейін қорғасын мен мышьякпен көрсетіледі. Сүт пероксидазасының белсенділігін қалпына келтіру сұлы ұнын қосып, сапалы реакцияны қолданып, қосымша сүзгіден өткізгеннен кейін орнатылды. Сүт сынамасындағы қорғасын мөлшері 0,06 мг/л болғанда каталаза белсенділігі 4,98 Е, фильтрациядан кейін оның белсенділігі 8,3 Е-ге дейін өсті. Сүттегі кадмий мөлшері 0,20 мг/л болғанда, сүзуге дейінгі каталаза белсенділігі 3,32 Е, сүзуден кейін 5,81 Е-ге дейін өсті. Сүттегі сынаптың мөлшері 0,011 мг/л болғанда, сүзуге дейінгі каталаза белсенділігі 2,49 Е, сүзуден кейін 4,15 Е-ге дейін өсті. Сүттегі мышьяк мөлшері 0,11 мг/л болғанда, каталаза белсенділігі 6,64 Е болды, сүзуден кейін ол 8,3 Е-ге дейін өсті. Қазіргі уақытта қоршаған орта объектілеріндегі, тірі организмдегі ферменттердің ауыр металдармен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған зерттеулер жүргізілуде, алайда ауыр металдардың сүт ферменттерімен өзара әрекеттесуін зерттеу мәселесі іс жүзінде зерттелмеген.

Түйін сөздер: сүт, қорғасын, кадмий, сынап, мышьяк, ферменттер.

Ye. Zharykbasov*, S. Toleubekova, M. Jumazhanova, G. Baibalinova, A. Kabdenova
Shakarim University of Semey, 071412,
Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinka street 20 A
*e-mail: erlan-0975@mail.ru

ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METAL SALTS IN MILK AND THEIR INTERACTION WITH ENZYMES

The article substantiates the relevance of the application aimed at studying the content of heavy metals in milk and their interaction with enzymes. It should be noted that research is currently underway to study the interaction of enzymes with heavy metals in environmental objects and in a living organism. It is known that certain heavy metals both inhibit the activity of individual enzymes and stimulate their activity. For example, studies have been conducted proving that cadmium stimulates peroxidase activity, but inhibits catalase activity regardless of the concentration of this element in the soil. The main purpose of the study was to study the interaction of heavy metal salts with redox groups of the milk enzyme. When studying the interaction of salts of lead, cadmium, arsenic and mercury with catalase and peroxidase, it was found that the salts of the studied heavy metals have only an inhibitory effect on the enzyme catalase and peroxidase. At the same time, salts of elements such as mercury and cadmium have the greatest inhibitory effect, followed by lead and arsenic. The restoration of milk peroxidase activity was established after the introduction of oatmeal and additional filtration by qualitative reaction. With a lead content of 0.06 mg/l in the milk sample, catalase activity was 4.98 E, and after filtration, its activity increased to 8.3 E. With a cadmium content of 0.20 mg/l in milk, catalase activity before filtration was 3.32 E, after filtration it increased to 5.81 E. With a mercury content of 0.011 mg/l in milk, catalase activity before filtration was 2.49 E, after filtration it increased to 4.15 E. With an arsenic content of 0.11 mg/l in milk, catalase activity was 6.64 E, after filtration it increased to 8.3 E. Currently, research is underway to study the interaction of enzymes with heavy metals in environmental objects, in a living organism, but the issue of research on the interaction of heavy metals with milk enzymes has not been studied.

Key words: milk, lead, cadmium, mercury, arsenic, enzymes.

Сведения об авторах

Ерлан Сауықович Жарықбасов* – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Сандугаш Сайлауовна Төлеубекова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Гульмира Муратбековна Байбалинова – кандидат технических наук, старший преподаватель; кафедра "Биотехнология", Университет имени Шакарима города Семей, Республики Казахстан; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>

Айнур Төлеухановна Қабденова – магистр биотехнологии; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ерлан Сауықович Жарықбасов* – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Сандугаш Сайлауовна Төлеубекова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Гульмира Муратбековна Байбалинова – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>.

Айнур Төлеухановна Қабденова – биотехнология магистрі; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Information about the authors

Yerlan Zharykbasov* – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Sandugash Toleubekova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Madina Jumazhanova – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Gulmira Baibalinova – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>

Ainur Kabdenova – Master of Biotechnology; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Поступила в редакцию 06.02.2025

Принята к публикации 20.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-19)

MPHTI: 65.13.19



Е.М. Ағзам*, Р.К. Кусаинов, А.К. Какимов, А.Е. Еренгалиев, Н.К. Ибрагимов

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: ektu_09@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КУРТА ДЛЯ СУШКИ ФРУКТОВ, ЗЕЛЕНИ И ОВОЩЕЙ

Аннотация: В статье рассматривается применение разработанной конвективной сушильной установки, предназначенной для производства курта, для сушки других пищевых продуктов, таких как зелень, овощи и фрукты. Курт – традиционный казахстанский кисломолочный продукт, который требует специальных условий для сушки, что создает проблемы сезонности в его производстве. Представленная сушильная установка позволяет эффективно решать эту проблему, обеспечивая круглогодичное производство курта. В ходе экспериментов было проверено использование установки для сушки таких продуктов, как петрушка, укроп, яблоки и сладкий перец, с целью оценки её универсальности. Результаты показали, что установка обеспечивает быструю и равномерную сушку, с сохранением значительного количества питательных веществ и витаминов. Потери массы после сушки варьировались от 23% (петрушка) до 60% (яблоки), что зависит от содержания воды в продукте. Устройство продемонстрировало высокую эффективность и надежность, а также открывает новые возможности для расширения ассортимента продукции на малых и средних предприятиях. Использование этой установки может способствовать развитию отрасли сушеных продуктов и овощей в стране, которые обладают рядом преимуществ, таких как упрощенная транспортировка и хранение. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию процессов сушки для различных типов продуктов, улучшение их качества, а также оценку экономической эффективности применения сушильного оборудования в малом и среднем бизнесе.

Ключевые слова: курт, сушильная установка, развитие малого и среднего бизнеса, сушильное оборудование, сушка зелени, сушка овощей, сушка фруктов.

Введение

Курт, традиционный кисломолочный продукт, занимает особое место в пищевой культуре Казахстана [1]. Несмотря на его популярность в ряде стран, специализированного оборудования для сушки курта на международном рынке практически нет. Это создает определенные сложности для производителей, стремящихся поддерживать постоянный уровень выпуска и удовлетворять потребительский спрос на протяжении всего года. В ответ на эту проблему была разработана отечественная конвективная [2] сушильная установка,

которая не только адаптирована к особенностям производства курта, но и обладает рядом ключевых преимуществ [3, 4].

Представленная установка предназначена для малых и средних предприятий в Казахстане и решает важную задачу сезонности в производстве куртов. Протестированная и готовая к использованию установка уже продемонстрировала свою работоспособность в процессе испытания сушки курта.

Важной особенностью данной работы является возможность дальнейшего изучения условий сушки и применения установки для других продуктов, таких как зелень, фрукты и овощи. Эта универсальность открывает новые горизонты для производителей, желающих расширить ассортимент и повысить качество своей продукции.

Сушка зелени, овощей и фруктов обладает рядом значительных преимуществ [5]. Во-первых, она позволяет значительно продлить срок хранения продуктов [6], при этом они сохраняют большую часть своих питательных веществ, витаминов и минералов. Например, сушеная зелень сохраняет свои полезные свойства, такие как витамин С и каротиноиды [7], что позволяет использовать её в пищу в течение всего года.

Во-вторых, сушка фруктов и овощей снижает их объем и массу [8, 9], что существенно облегчает их транспортировку и хранение, снижая затраты на логистику. Это особенно важно для малых и средних предприятий, которым необходимо эффективно управлять производственными и складскими ресурсами.

Также сушка помогает сохранить естественный аромат и вкус продуктов [10], что делает их более привлекательными для потребителей. В отличие от замораживания, сушеные продукты легче перерабатываются и имеют более длительный срок хранения [11, 12], что выгодно с коммерческой точки зрения.

В данной статье подробно рассматриваются эксперименты сушильной установки по сушке других пищевых продуктов, таких как зелень, фрукты и овощи, и проанализируем, эффективность данных продуктов. В заключение, на основе проведенных исследований, мы сделаем вывод о том, насколько разработанная сушильная установка подходит для сушки фруктов, овощей и зелени. Универсальность применения сушильной установки курта является важным преимуществом для предпринимателей малого и среднего бизнеса, и целью данной статьи является демонстрация ее адаптируемости для различных продуктов.

Методы исследования

Подготовка продуктов

Для проверки применимости сушильной установки для обработки различных видов продуктов питания (универсальности сушильной установки) было решено провести серию экспериментов с различными пищевыми продуктами. В качестве материалов для проверки были выбраны зелень: укроп и петрушка, фрукты: яблоки и овощи: сладкий перец, поскольку они имеют различные свойства и требуют разных условий сушки [13, 14]. Продукты были тщательно вымыты и нарезаны для оптимизации процесса сушки.

Все подготовленные продукты были размещены на трёх нержавеющей полках сушильной установки: на первой (верхней) – укроп и петрушка, на второй (средней) – яблоки, на третьей (нижней) – сладкий перец.

Материалы и методы

Для сушки применялась сушильная установка для курта, описанная в работах [3, 4]. Оборудование состоит из корпуса с тремя полками для размещения продукта, блока вентилятора с термоэлектронагревателем (ТЭН) мощностью 3 кВт, который нагревает воздух, циркулирующий внутри установки и обеспечивающий эффективный теплообмен. Продукт помещается на сетчатые полки, и воздух, нагреваемый ТЭНом, равномерно сушит его. Температура процесса регулируется с помощью терморегулятора. Конструкция установки легка в обслуживании и эксплуатации, имеет мобильность, надежность и экономическую эффективность, что делает её доступной для использования в индивидуальных и фермерских хозяйствах. Оборудование способно значительно повысить производительность производства курта, обеспечивая его круглогодичное производство и доступность на рынке.

На чертеже (рис. 1) представлен общий вид и вид слева сушильной установки. Сушильная установка (рис. 1) содержит корпус 1, внутри которого друг над другом установлены три полки 2, рукоятку 3, регулятор температуры 4, блок вентилятора 5 с установленным с ним в одном корпусе ТЭНом, сетчатый фильтр 6, проушины 7, ножки 8, дверку 9, регулируемую решетку 10, ручку 11 и опоры 12 для размещения полок.

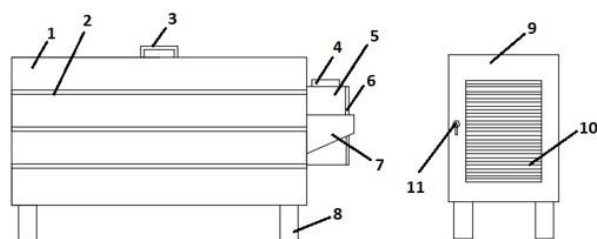


Рисунок 1 – Сушильная установка

Перед началом сушки каждая группа продуктов была взвешена с использованием лабораторных весов для фиксации начальной массы. Затем был запущен процесс сушки, и с периодом в час проводилось измерение массы, чтобы отслеживать динамику потери влаги. Для измерения массы объектов сушки применялись весы лабораторные ВЛТЭ-1100 [15].

Таблица 1 – Характеристики весов лабораторных ВЛТЭ-1100

Наибольший предел взвешивания (НПВ или max), г	1100
Дискретность (цена деления) (d), г	0,01
Класс точности	Высокий (II)
Калибровка	Внешняя
Юстировочная гиря	1 кг F2 *
Наименьший предел взвешивания (НМПВ), г	0,5
Цена поверочного деления (e), мг	100
Пределы допускаемой погрешности при первичной поверке, мг	±50; ±100
Размер платформы весов, мм	175 × 145

Результаты исследования

Для контроля температуры и влажности воздуха использовались 10 датчиков DHT22 [16], расположенных вдоль периметра рабочей зоны сушильной установки. Результаты измерений температуры и влажности воздуха в одном из интервалов внутри рабочей камеры представлены на рисунках 1-42.



Рисунок 2 – Фото петрушки, укропа, яблоки и сладкого перца до и после сушки в сушильной камере



Рисунок 3 – Фотографии массы до и после сушки петрушки и укропа



Рисунок 4 – Фотографии массы до и после сушки яблока и сладкого перца

Анализ графиков температуры и влажности (рис. 5, 6.) воздуха за промежуток времени в 42 секунды выявил следующие различия: большинство датчиков показывают уровень влажности в пределах от 4 до 13%, в то время как датчик №10 фиксирует отклонение до 18%. Температурные показатели большинства датчиков находятся в диапазоне от 55 до 65°C. Наименьшие значения зарегистрированы у датчиков № 11 и № 10, составляющие 50°C и 44°C соответственно. Эти различия объясняются особенностями работы конвективной сушильной установки, где нагретый воздух, действуя как теплоноситель и влагопоглотитель, перемещается от входного отверстия к выходной решетке под воздействием вентилятора. Эти различия также можно объяснить расположением 10 датчиков вдоль периметра рабочей зоны сушильной установки. Все они закреплены на стенках рабочей камеры, а не в центре процесса сушки, в области выхода нагретого воздуха. Это приводит к тому, что датчики, расположенные на периферии, фиксируют более низкие и менее стабильные значения температуры и влажности, поскольку они находятся в зоне, где условия могут значительно отличаться от тех, что присутствуют в эпицентре сушки, где воздух непосредственно подвергается воздействию нагрева и конвекции.

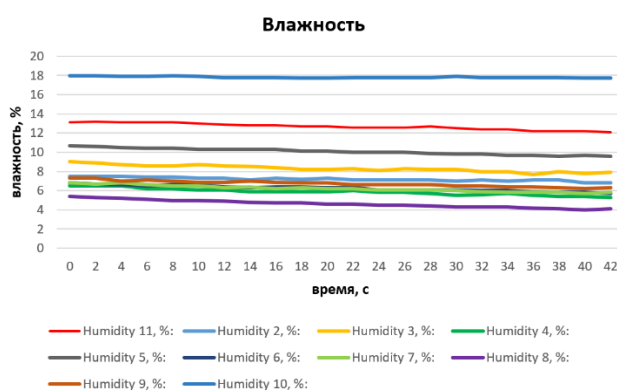


Рисунок 5 – График влажности десяти датчиков по периметру рабочей зоны сушильной установки

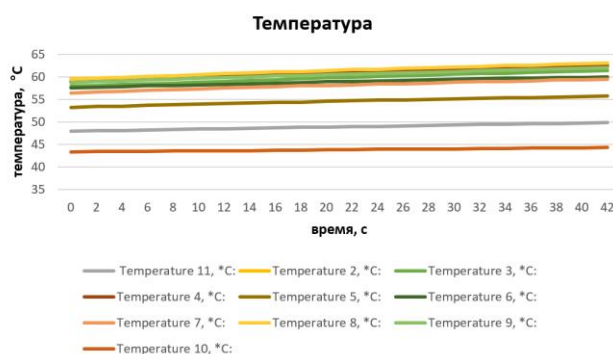


Рисунок 6 – График температуры десяти датчиков по периметру рабочей зоны сушильной установки

По результатам экспериментов было обнаружено, что наибольшая потеря массы наблюдается при сушке яблок в течение 4 часов. Это обусловлено тем, что яблоки изначально содержат наибольшую долю воды, которая испаряется в процессе сушки (табл. 2). После яблок, наибольшую потерю массы продемонстрировал сладкий перец, процентная потеря которого составила 57%. Такая высокая потеря массы объясняется его рыхлой структурой, что способствует более интенсивному испарению влаги в перце [17], а также высоким содержанием воды.

Таблица 2 – Потеря массы после сушильной камеры

Продукт	Время сушки, ч	Масса до сушки, г	Масса после сушки, г	Абсолютная потеря массы, г	Доля потерянной массы, %
Петрушка	2	368,76	283,86	84,9	23
Укроп	3	493,42	291,36	202,06	41
Яблоки	4	1076,14	433,48	642,66	60
Сладкий перец	4	1063,56	459,11	604,45	57

По окончании сушки результаты показали следующие данные:

Петрушка: высушен за 2 часа. Потеря массы составила с 368,76 грамм до 283,86 грамм, что совокупно 23% от начальной.

Укроп: высушен за 3 часа. Потеря массы составила с 493,42 грамм до 291,36 грамм, что совокупно 41% от начальной.

Яблоки: высушен за 4 часа. Потеря массы составила с 1076,14 грамм до 433,48 грамм, что совокупно 60% от начальной.

Сладкий перец: высушен за 4 часа. Потеря массы составила с 1063,56 грамм до 459,11 грамм, что совокупно 57% от начальной.

Температура и влажность процесса сушки по периметру рабочей камеры сушильной установки фиксировалась с помощью датчиков DHT-22 [18], подключенных к микроконтроллеру Arduino Nano [19]. Измеренные температуры в эпицентре варьировались в пределах 60-80°C в зависимости от типа продукта.

Заключение

Экспериментальные исследования показали, что сушильная установка, разработанная для курта, эффективно применяется для сушки различных продуктов, таких как зелень, овощи и фрукты. Численные результаты показали, что петрушка потеряла 23% массы (с 368,76 г до 283,86 г) за 2 часа, укроп – 41% (с 493,42 г до 291,36 г) за 3 часа, яблоки – 60% (с 1076,14 г до 433,48 г) за 4 часа, а сладкий перец – 57% (с 1063,56 г до 459,11 г) за 4 часа. Температура в процессе сушки варьировалась от 60 до 80°C в зависимости от типа продукта. Полученные результаты подтверждают, что установка обеспечивает эффективное удаление влаги из различных продуктов и может быть использована для расширения ассортимента в малом и среднем бизнесе. В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований для оценки сохранения питательных веществ в сушеных продуктах и оптимизации процесса сушки различных продуктов для повышения качества и снижения затрат.

Список литературы

1. Исследование пищевой безопасности национального продукта «курт», вырабатываемого на предприятиях восточно-казахстанской области / Ш.К. Жакупбекова и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2022. – № 4. – С. 146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>.
2. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – Москва, 1968. – 465 с.
3. Выбор оптимального оборудования при сушке курта / Е.М. Ағзам и др. // Вестник университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 2(14). – С. 66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9).
4. Разработка сушильной установки для производства курта / Е.М. Ағзам и др. // Вестник университета Шакарима. Серия технические науки. – 2024. – № 3(15). – С. 104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16).
5. A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables / S. Kamiloglu et al // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – № 56(sup1). – P. 110-129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1045969>.

6. Mujumdar A.S. Handbook of Industrial Drying: Second Edition / Mujumdar A.S. // Revised and Expanded (1st ed.). – 1995. – CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429289774>.
7. Thamkaew G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs / G. Thamkaew, I. Sjöholm, F.G. Galindo // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2020. – № 61(11). – P. 1763-1786. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>.
8. Omolola A.O. Quality properties of fruits as affected by drying operation / A.O. Omolola, A.I.O. Jideani, P.F. Kapila // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – № 57(1). – P. 95-108. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.859563>.
9. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review / M.U. Hasan et al // J Food Process Preserv. – 2019. – № 43. – e14280. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14280>.
10. Perera C.O. Selected Quality Attributes of Dried Foods / C.O. Perera // Drying Technology. – 2005. – № 23(4). – P. 717-730. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054180>.
11. Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review / C. Ratti // Journal of food engineering. – 2001. – № 49.4. – P. 311-319.
12. Nurhaslina C.R. Review on drying methods for herbal plants / C.R. Nurhaslina, A.B. Sharlien, A.N. Mustapa // Materials Today: Proceedings. – 2022. – № 63. – P. 122-139.
13. Установка для сушки сельскохозяйственного сырья / Г.И. Касьянов и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 2(33). <https://cyberleninka.ru/article/n/ustanovka-dlya-sushki-selskohozyaystvennogo-syrya>. (дата обращения: 10.11.2024).
14. Влияние технологических параметров на процесс сушки и качественные показатели продукта / К.М. Хазимов и др. // Технические науки – от теории к практике. – 2015. – № 1(38). <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-parametrov-na-protsess-sushki-i-kachestvennyye-pokazateli-produkta>. (дата обращения: 10.11.2024).
15. Научно-производственное предприятие Госметр [Электронный ресурс]. URL: <https://gosmetr.ru/catalog/vlte-1100/> (Дата обращения 08.12.2024).
16. Humidity and temperature monitoring / A. Ibtihaj et al // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – № 7(4). – P. 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>.
17. Слободяник И.П. Выбор оптимальных параметров сушки фруктов и овощей / И.П. Слободяник, Е.А. Селезнева, О.И. Голошапов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1995. – № 3-4. <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnyh-parametrov-sushki-fruktoy-i-ovoschey>. (дата обращения: 10.11.2024).
18. Humidity and temperature monitoring / A. Ibtihaj A. Et al // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – № 7(4). – P. 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>.
19. Automatic Fan Speed Control using Temperature and Humidity Sensor and Arduino / Suraj Kaushik et al // International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. – Volume 4, Issue 2. – P. 453-457.

References

1. Issledovanie pishchevoi bezopasnosti natsional'nogo produkta «kurT», vyrabatyvaemogo na predpriyatiyakh vostochno-kazakhstanskoi oblasti / SH.K. Zhakupbekova i dr. // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2022. – № 4. – S. 146-152. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-146-152>. (In Russian).
2. Lykov A.V. Teoriya sushki / A.V. Lykov. – Moskva, 1968. – 465 s. (In Russian).
3. Vybor optimal'nogo oborudovaniya pri sushke kurta / E.M. Arzam i dr. // Vestnik universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 2(14). – S. 66-73. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-9](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-9). (In Russian).
4. Razrabotka sushil'noi ustanovki dlya proizvodstva kurta / E.M. Arzam i dr. // Vestnik universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2024. – № 3(15). – S. 104-110. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-16). (In Russian).
5. A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables / S. Kamiloglu et al // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – № 56(sup1). – R. 110-129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1045969>. (In English).
6. Mujumdar A.S. Handbook of Industrial Drying: Second Edition / Mujumdar A.S. // Revised and Expanded (1st ed.). – 1995. – CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429289774>. (In English).

7. Thamkaew G. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs / G. Thamkaew, I. Sjöholm, F.G. Galindo // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2020. – № 61(11). – R. 1763-1786. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>. (In English).
8. Omolola A.O. Quality properties of fruits as affected by drying operation / A.O. Omolola, A.I.O. Jideani, P.F. Kapila // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2016. – № 57(1). – R. 95-108. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.859563>. (In English).
9. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review / M.U. Hasan et al // *J Food Process Preserv.* – 2019. – № 43. – e14280. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14280>. (In English).
10. Perera C.O. Selected Quality Attributes of Dried Foods / C.O. Perera // *Drying Technology*. – 2005. – № 23(4). – R. 717-730. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054180>. (In English).
11. Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review / C. Ratti // *Journal of food engineering*. – 2001. – № 49.4. – R. 311-319. (In English).
12. Nurhaslina C.R. Review on drying methods for herbal plants / C.R. Nurhaslina, A.B. Sharlien, A.N. Mustapa // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – № 63. – R. 122-139. (In English).
13. Ustanovka dlya sushki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya / G.I. Kas'yanov i dr. // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. – 2014. – № 2(33). <https://cyberleninka.ru/article/n/ustanovka-dlya-sushki-selskohozyaistvennogo-syrya>. (data obrashcheniya: 10.11.2024). (In Russian).
14. Vliyanie tekhnologicheskikh parametrov na protsess sushki i kachestvennye pokazateli produkta / K.M. Khazimov i dr. // *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*. – 2015. – № 1(38). <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskikh-parametrov-na-protsess-sushki-i-kachestvennye-pokazateli-produkta>. (data obrashcheniya: 10.11.2024). (In Russian).
15. Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie Gosmetr [Ehlektronnyi resurs]. URL: <https://gosmetr.ru/catalog/vlte-1100/> (Data obrashcheniya 08.12.2024). (In Russian).
16. Humidity and temperature monitoring / A. Ibtihaj et al // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – № 7(4). – R. 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>. (In English).
17. Slobodyanik I.P. Vybór optimal'nykh parametrov sushki fruktov i ovoshchei / I.P. Slobodyanik, E.A. Selezneva, O.I. Goloshapov // *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. – 1995. – № 3-4. <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnykh-parametrov-sushki-fruktov-i-ovoschey>. (data obrashcheniya: 10.11.2024). (In Russian).
18. Humidity and temperature monitoring / A. Ibtihaj A. Et al // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – № 7(4). – R. 5174-5177. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.23225>. (In English).
19. Automatic Fan Speed Control using Temperature and Humidity Sensor and Arduino / Suraj Kaushik et al // *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*. – Volume 4, Issue 2. – R. 453-457. (In English).

Е.М. Ағзам*, Р.К. Құсайынов, А.Қ. Кәкімов, А.Е. Еренғалиев, Н.Қ. Ибрагимов

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, көш. Глинка, 20А
*e-mail: ektu2009@gmail.com

ЖЕМІСТЕРДІ, ШӨПТЕРДІ ЖӘНЕ КӨКӨНІСТЕРДІ КЕПТІРУ ҮШІН ҚҰРТ КЕПТІРУ ҚОНДЫРҒЫСЫН ПАЙДАЛАНУ

Мақалада құрт өндіруге арналған әзірленген конвективті кептіру қондырғысын шөптер, көкөністер мен жемістер сияқты басқа да азық-түлік өнімдерін кептіру үшін пайдалану талқыланады. Құрт – қазақтың дәстүрлі ашытылған сүт өнімі, кептіру үшін ерекше жағдайларды талап етеді, бұл оны өндіруде маусымдық проблемаларды тудырады. Ұсынылған кептіру қондырғысы құртты жыл бойы өндіруді қамтамасыз ете отырып, бұл мәселені тиімді шешуге мүмкіндік береді. Тәжірибелер барысында оның әмбебаптығын бағалау үшін ақжелкен, аскөк, алма және тәтті бұрыш сияқты өнімдерді құрт кептіруге арналған қондырғыны пайдалану сынақтан өтті. Нәтижелер қондырғы қоректік заттар мен витаминдердің айтарлықтай мөлшерін сақтай отырып, тез және біркелкі кептіруді қамтамасыз ететінін көрсетті. Кептіруден кейінгі салмақ жоғалту 23%-дан (ақжелкен) 60%-ға (алма) дейін өзгерді, бұл өнімдегі судың құрамына байланысты. Құрылғы жоғары тиімділік пен сенімділікті көрсетті, сонымен қатар шағын және орта кәсіпорындарда өнім ассортиментін кеңейту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл қондырғыны пайдалану еліміздегі кептірілген тамақ және көкөніс өнеркәсібінің дамуына ықпал ете алады, оның

тасымалдау мен сақтауды жеңілдету сияқты бірқатар артықшылықтары бар. Әрі қарайғы зерттеулер әр түрлі өнім түрлерін кептіру процесстерін оңтайландыруға, олардың сапасын арттыруға, сондай-ақ шағын және орта бизнесте кептіру жабдықтарын пайдаланудың экономикалық тиімділігін бағалауға бағытталатын болады.

Түйін сөздер: құрт, кептіру цехы, шағын және орта бизнесті дамыту, кептіру жабдықтары, шөптерді кептіру, көкөністерді кептіру, жемістерді кептіру.

E.M. Agzam*, R.K. Kusainov, A.K. Kakimov, A.E. Erengaliev, N.K. Ibragimov

Semey University named after Shakarim,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka St., 20A
*e-mail: ektu2009@gmail.com

APPLICATION OF A KURTA DRYING UNIT FOR DRYING FRUITS, GREENS AND VEGETABLES

The article discusses the application of the developed convective drying unit, designed for the production of kurt, for drying other food products, such as greens, vegetables and fruits. Kurt is a traditional Kazakh fermented milk product that requires special conditions for drying, which creates problems of seasonality in its production. The presented drying unit allows to solve this problem effectively, providing year-round production of chicken. During the experiments, the use of the unit for drying such products as parsley, dill, apples and sweet peppers was tested in order to evaluate its versatility. The results showed that the unit ensures fast and uniform drying, while preserving a significant amount of nutrients and vitamins. Weight loss after drying varied from 23% (parsley) to 60% (apples), which depends on the water content in the product. The device demonstrated high efficiency and reliability, and also opens up new opportunities for expanding the range of products in small and medium enterprises. The use of this unit can contribute to the development of the dried food and vegetable industry in the country, which has a number of advantages, such as simplified transportation and storage. Further research will be aimed at optimizing drying processes for various types of products, improving their quality, and assessing the cost-effectiveness of using drying equipment in small and medium businesses.

Key words: kurt, drying unit, development of small and medium businesses, drying equipment, drying of greens, drying of vegetables, drying of fruits.

Сведения об авторах

Ерхан Мейрамулы Ағзам* – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – физика-математика ғылымдары және информатика кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Инжинирингтік орталықтың» жетекшісі; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Амангельды Еренгалиевич Еренгалиев – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +77052763541, e-mail: erengaliev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима города Семей, ул. Глинки 20А, г. Семей, Республика Казахстан, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ерхан Мейрамулы Ағзам* – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – старший преподаватель кафедры физико-математических наук и информатики; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; Руководитель «Инжинирингового центра»; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Айтбек Калиевич Какимов – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдық және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Амангельды Еренгалиевич Еренгалиев – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау»

кафедрасының профессоры, көш. Глинка 20А, Қазақстан Республикасы, Семей қ., телефон: +77052763541, e-mail: erengaliyev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының оқытушысы, к. Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка 20А, телефон: +7 705 526 1824, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Information about the authors

Erkhan Agzam* – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ektu_09@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7684-5089>.

Rinat Kussainov – Senior Lecturer, Department of Physical and Mathematical Sciences and Informatics; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Head of «Engineering Center»; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5166-4761.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Amangeldy Yerengaliyev – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: erengaliyev48@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6653-9730>

Nadir Ibragimov – Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering, Shakarim University of Semey, st. Glinka 20A, Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Поступила в редакцию 21.01.2025
Поступила после доработки 04.02.2025
Принята к публикации 04.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-20](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-20)



FTAXP: 65.53.91

Б.М. Хамитова*, А.Р. Тасполтаева, Г.А. Кожабекова
М. Өзов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы, 5
*e-mail: barno-007@mail.ru

ӨСІМДІК ҚОСПАЛАРЫ ҚОСЫЛҒАН САЛЬТИСОН ӨНДІРІСІНДЕ ТАУЫҚ СУБӨНІМДЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Бұл мақалада функционалдық бағыттағы ет өнімдерінің технологиясында тауық субөнімдерін пайдаланудың негіздемесі келтірілген. Шикізаттың химиялық құрамын зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл мақаланың зерттеу нысаны тауық асқазаны мен жүрегінен өзірленген сальтисон болып табылады. Қосымша қоспа ретінде стандартқа сай келетін зире тұқымының ұнтағы, насыбайгүл, пияз, сәбіз, сарымсақ және дәмдеуіштер қолданылады. Зира Орта Азиялық дәмі бар дәмдеуіш. Зира тұқымы дәрумендер мен минералдарға бай болып келеді, оның құрамында бета-каротин 15,2%, тиамин 41,9%, рибофлавин 18,2%, пиридоксин 21,8%, токоферол 22,2%-ды құрайды. Зира тұқымы құрамындағы дәремендер көмірсулар мен энергия алмасуының маңызды ферменттерінің бөлігі болып табылады, денені энергиямен қамтамасыз етеді, сонымен қатар тармақталған аминқышқылдарының алмасуын қамтамасыз етеді. Тауықтың субөнімдері мен өсімдік шикізаты негізіндегі сальтисонды функционалды өнімге жатқызуға болатыны анықталды. Тауық етінің қосалқы өнімдері организмнің өзіндік коллагеннің синтездеуде аминқышқылдарды басым ет өнімін өндіруде тиімді шикізат болып саналады. Тауықтың жүрегі мен асқазанының ақуыздарындағы коллаген мөлшері 16,5-21,5% құрайды. Тауықтың асқазанындағы коллаген түзетін аминқышқылдарының (пролин + оксипролин) қосындысы 100г өнімде 7,73г ақуыз, тауық жүрегінде сәйкесінше 100г өнімде 3,86г ақуызды құрайды.

Түйін сөздер: сальтисон, тауық етінің қосалқы өнімдері, коллаген, аминқышқылдары, липидтер, геродиетикалық өнімдер, ақуыздың массалық үлесі.

Кіріспе

Халық денсаулығын қолдаудың жетекші факторларының бірі адам организмін энергиямен және нутриенттермен тұрақты түрде тамақтануды қамтамасыздандыру болып табылады. Адамдағы зат алмасудың табиғатына, ағзалар мен жүйелердің күйіне әсер ете отырып, теңдестірілген тамақтану оның гомеостазын түзетуге, белсенділікті сақтауға және қартаю жылдамдығын төмендетуге мүмкіндік береді [1]. Қарт және егде жастағы адамдардың тамақтану ерекшелігіне байланысты арнайы дайындалатын өнімдердің қазіргі заманғы нарығы қышқыл сүт, нан-тоқаш, балық өнімдерімен және басқа да түрлермен ұсынылады [2]. Дегенмен, ішкі нарықтағы барлық өнімдерден геродиетикалық азық-түлік өнімдерінің үлесі 5%-дан аспайды. Еліміздегі оң демографиялық тенденцияларға және халықтың орташа өмір сүру ұзақтығының артуына байланысты физиологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, егде жастағы адамдар үшін қоректік тамақтануды құру отандық азық-түлік технологиясының басым бағыты болып табылады [3].

Профилактикалық, диеталық тамақтану және геродиетикалық өнімдерді дамыту және өндіру көлемін ұлғайту үшін ет саласының әлеуеті зор және оның қарамағында қомақты қаражат бар. Ет өнеркәсібінің ұтымды екіншілік шикізаты ақуыз шикізатының қорлары болып табылады: қан, қан плазмасы, құрамында коллаген бар бөліктер, жоғары биологиялық құндылығы бар қосалқы өнімдер, теңгерімді аминқышқылдары мен май қышқылдары, витаминдер, арнайы топтардың тұтынушыларына оң әсер ететін минералдық құрамы, энергетикалық құндылығы жоғары инновациялық өнімдерді жасауға мүмкіндік береді [4].

Тамақтану – ағзаның қартаю үрдісіне әкелетін негізгі себептің бірі. Адам ағзасына тек өнімнен ғана энергия алып қоймайды, сонымен қатар ақуыздыр, майлар, көмірсулар және витамин түріндегі заттар да әсерін береді. Организмнің қышқылдануы немесе сілтіленуі ішілген тағам түріне де байланысты. Диета сақтау мен тамақты дұрыс қабылдау адам ағзасындағы зат алмасуға оң әсер етеді, биохимиялық процестердің тең дәрежеде жүруі мен белсенділікті сақтайды [5]. Дегенмен, қартаю процестерінің қарқындылығын төмендететін фактор ретінде тағамдық шикізаттың биотехнологиялық әлеуеті жеткілікті зерттелінбеген және арнайы мақсаттағы тағам өнімдері технологиясында іске асырылмаған. Сонымен қатар, тағам шикізатын өндеудің жекеленген дәстүрлі тәсілдері егде жастағы адамдар үшін арнайы тағамдар технологиясына деген сұранысы азаюы мүмкін [6].

Ғалымдардың зерттеулері өмір сүру салты және ұзақтығына әсер етуі бойынша 25% тұқым қуалауға, қалған 75%-ы қоршаған орта мен кездейсоқ жағдайларға байланысты екендігін көрсетті [7]. Энергия мен қоректік заттарды пайдалану арқылы ұзақ өмір сүруге және адам жасының ұлғаюына байланысты сырқат қаупін азайтады және терең қартаюдың бірден бір кілті деуге болады [8]. Сол себептен де үлкен жастағы адамның тағамды дұрыс қолдана білуі мен тағам түрлерін және ресурсты тиімді қолдану үшін ет негізіндегі қоректік заттардың экологиялық таза түрлерімен байытылған ет өнеркәсібінің балама, жағымды өнімдер технологиясын дамыту маңызды болып отыр.

Қазіргі уақытта ерте қартаюдың, тірек-қимыл аппаратының, жүрек-қан тамырларының және басқа жүйелердің ауруларының себебі болып табылатын серпімді тіндердің қалпына келу механизмдері төмендеген адамдарға арналған құрамында ет бар өнімдердің ассортименті шектеулі. Буындардағы, қан тамырлары мен басқа органдардағы серпімді тіндердің регенерация процестерінің белсенділігін арттыру үшін адам күн сайын биожетімді коллагенді тұтынуы керек [9]. Бұл ретте арнайы өнімдерді және биологиялық белсенді тағамдық қоспаларды өндіруге арналған құрамында коллагені бар шикізат айтарлықтай технологиялық өңдеуге (гидролиз, тазарту және т.б.) ұшырайды, бұл олардың түпкілікті құнының өсуі мен өнімділіктің төмендеуіне және еліміздің егде жастағы тұрғындарының тамақтануында оларды алу және пайдалану ықтималдығына әкеледі [10]. Құрамында коллаген бар шикізатты ұтымды өңдеу тәсілдерінің бірі термиялық консервация болып табылады, онда жоғары температураның әсерінен коллаген компоненті гидролизденеді және оның адам ағзасына қолжетімділігі айтарлықтай артады. Сонымен қатар, консервіленген өнімдерге шектеулі қолдануы бар немесе ағзаға теріс әсер ететін консерванттар немесе басқа қоспалар жоқ. Түрлі ауруы (мысалы, тірек-қимыл аппараты) бар, әсіресе егде жастағы адамдарға құрамында коллаген бар өнімдермен тамақтанған дұрыс [11, 16].

Осыған орай, адам организмінде коллагеннің орнын толтыратын сапалы өнім алуда тауықтарды қайта өндеу кезінде құрамында коллаген бар қосалқы шикізатты пайдалану

орынды болып табылады. Экологиялық мәселелерді шешуде - төмен сұрыпты шикізатты өндіріске тартудың ықпал етері де сөзсіз [12].

Ет өндірісі саласында профилактикалық, диеталық тамақтану және геродиетикалық өнімдерді дамыту мен өндіру көлемін ұлғайтудың потенциалы үлкен және қомақты қаражатты қажет етеді. Ет өнеркәсібінің маңызды екіншілік шикізаттары қан, қан плазмасы, құрамында коллаген бар бөліктер, жоғары биологиялық құндылығы бар қосалқы өнімдер, арнайы топтардың тұтынушыларына оң әсер ететін, теңгерімді аминқышқылдары мен май қышқылдары, витаминдер мен минералдық құрамды инновациялық өнімдерді жасауға мүмкіндік беретін ақуыз шикізатының қоры болып табылады [13, 14].

Жұмыстың мақсаты – ет өнімін өндіруде коллагені бар шикізат құрамды пайдалану жақтарын зерттеу. Ғылыми жұмыста тауық асқазаны мен жүрегінің түрлі пайдалы қасиеттерді зерттелінді. Сонымен қатар, тауық субөнімдерін пайдалану және өсімдік қоспаларын қосу арқылы сальтисон дайындау қарастырылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу объектісі ретінде МЕСТ 31657-2012 талаптарына сәйкес келетін тауық етінің қосалқы өнімдері – тауық асқазаны мен жүрегі алынды.

Ақуыздың салмақтық үлесі МЕСТ 25011-2017 бойынша Къельдаль әдісімен, яғни еттегі жалпы және ақуыз емес азот арасындағы айырма арқылы ақуызға қайта есептеледі. Майдың салмақтық үлесі МЕСТ 26183-2015 бойынша Сокслет аппаратында майды органикалық еріткішпен экстрагирлеу, соңынан ерітіндіні жойып, майды тұрақты салмаққа дейін кептіру болса, коллагеннің салмақ үлесі В.П. Воловинская әдісімен [15] анықталды. Бұл әдісте коллаген ақуыздарының бір бөлігін экстракциялауда және кейіннен сығындылардағы ақуыз азоты анықталады.

Ылғалдылық МЕСТ 33319-2015 бойынша құрғақ заттар мен ылғалдылықты анықтау әдісімен $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздырылған кептіру шкафында үлгіні тұрақты массаға дейін кептіру арқылы анықталды. Микробиологиялық зерттеулер МЕСТ Р 54354-2011, органолептикалық бағалау МЕСТ 6658-2016 бойынша нормативтік құжатқа сай анықталды.

Нәтижелер және оларды талқылау

Қолданылған әдебиеттер мен патенттік шолу арқылы қайта өңдеу ет шикізатының геродиеталық ет өнімдерінің технологиясын әзірлеуде тауықтардың қосалқы өнімдері – тауық асқазаны мен жүрегі зерттелінді.

Тауық өнімінің қайта өңделген шикізатының химиялық құрамын зерттеуде алынған нәтижемен 1-кестеден танысуға болады. Кестеден тауық субөнімдерінің жоғары ақуызды, орташа калориялы шикізат екені байқалады. Коллагеннің анықтамасы көрсеткендей, оның тауық асқазанындағы салмақтық үлесі $7,35 \pm 0,23\%$, жүрегіндегі $3,70 \pm 0,16\%$, ал құрамындағы ақуыздар 28% -ға жетті.

Кесте 1 – Тауықтың асқазаны мен жүрегінің химиялық құрамы және энергетикалық құндылығы

Көрсеткіштер атауы, өлшем бірліктері 100 г өнімге	Әдебиет деректері [17]		Нақты нәтижелер	
	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі
Су, г	$79,33 \pm 0,12$	$72,0 \pm 0,01$	$77,0 \pm 0,5$	$72,8 \pm 0,5$
Ақуыз, г	$17,66 \pm 0,11$	$15,8 \pm 0,1$	$21,0 \pm 0,5$	$15,5 \pm 0,5$
оның ішінде коллагендер, г	$7,6 \pm 1,37$	$3,72 \pm 0,11$	$7,5 \pm 0,23$	$3,70 \pm 0,16$
Май, г	$2,1 \pm 0,57$	$10,3 \pm 0,12$	$3,5 \pm 0,5$	$10,7 \pm 0,4$
Көмірсулар, г	$0,6 \pm 0,01$	$0,8 \pm 0,20$	$0,3 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,04$
Минералды заттар, г	$0,95 \pm 0,17$	$1,10 \pm 0,01$	$1,2 \pm 0,07$	$1,3 \pm 0,07$
Энергетикалық құндылығы, ккал	155,0	159,0	145,0	162,0

Тауықтың қосалқы өнімдерінің липидтеріндегі майқышқылы құрамы зерттелді, нәтижесін 2-кестеден көруге болады.

Зерттеу арқылы қанықпаған май қышқылының топтары бірнешеу екендігін көріп отырмыз, тауық майы тез ащыланып, өнім сапасына әсер еткендігі байқалады. Қаныққан май қышқылының үлесі $33,5\%$, моноқанықпаған май қышқылдарының үлесі $40,9\%$ (олеин қышқылы), полиқанықпағандар (линол) $19,0\%$ құрайды.

Кесте 2 – Тауықтың асқазаны мен жүрегінің липидтеріндегі май қышқылдарының құрамы

Атаулары	Құрамы (г/100г) Әдебиет деректері [17]		Құрамы (г/100г) Нақты нәтижелер	
	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі
Қаныққан май қышқылдары				
C _{14:0} (миристин)	0,07±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01	0,06±0,03
C _{16:0} (пальмитин)	0,347±0,01	1,67±0,17	0,546±0,01	2,67±0,32
C _{17:0} (маргарин)	0,003±0,001	0,03±0,001	0,002±0,001	0,03±0,01
C _{18:0} (стеарин)	0,165±0,01	0,54±0,01	0,154±0,03	0,64±0,07
C _{15:0} (пентадекан)	0,004±0,011	0,01±0,002	0,003±0,001	0,02±0,003
Жалпы	2,15	2,31	2,35	3,81
Моноқанықпаған май қышқылдары				
C _{14:1} (миристолейн)	-	0,01±0,011	0,01±0,001	0,01±0,001
C _{16:1} (пальмитолейн)	0,073±0,01	0,44±0,03	0,057±0,05	0,74±0,04
C _{17:1} (гептадецен)	-	0,03±0,01	0,01±0,001	0,03±0,07
C _{18:1} (олеин)	0,43±0,01	2,93±0,01	0,371±0,04	2,93±0,63
C _{21:1} (гадолейн)	0,009±0,001	0,06±0,01	0,007±0,001	0,06±0,02
Жалпы	2,51	3,47	2,62	3,77
Полиқанықпаған май қышқылдары				
C _{18:2} (линол)	0,246±0,01	1,48±0,01	0,283±0,03	1,48±0,02
C _{18:3} (линолен)	0,003±0,001	0,04±0,01	0,002±0,001	0,04±0,03
C _{20:4} (арахидон)	0,086±0,001	0,14±0,01	0,037±0,07	0,24±0,01
Жалпы	1,21	1,66	1,22	2,10

Тауық етінің қосалқы өнімдерінің минералды құрамы 3 кестеде келтірілген. Қосалқы өнім фосфор, күкірт макроэлементтердің қайнар көзі екендігі дәлелденді. Тауық асқазаны мен жүрегі темір, мырыш, мыс, селен сияқты микроэлементтерге бай.

Кесте 3 – Тауық асқазаны мен жүрегінің минералды құрамы

Атаулары	100 граммдағы мөлшері Әдебиет деректері [17]		100 граммдағы мөлшері Нақты нәтижелер	
	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі	Тауық асқазанындағы	Тауық жүрегіндегі
Макроэлементтер, мг				
Калий, K	237,0±10,1	132,0±10,1	260,0±10,1	279,0±13,2
Кальций, Ca	11,0±2,1	19,0±1,2	14,0±2,1	23,0±3,1
Магний, Mg	15,0±2,1	20,0±2,1	19,0±2,3	27,0±1,6
Натрий, Na	69,0±2,7	48,0±2,7	76,0±3,0	83,0±8,7
Фосфор, P	148,0±10,5	199,0±7,5	155,0±10,7	166,0±16,7
Күкірт, S	176,6±10,1	158,0±10,3	178,0±12,6	160,0±17,9
Микроэлементтер, мг				
Темір, Fe	2,49±1,01	9,0±1,01	2,9±1,25	10,4±1,6
Марганец, Mn	0,1±0,01	0,1±0,01	0,58±0,05	0,9±0,28
Мыс, Cu	0,1±0,02	0,5±0,01	0,31±0,16	0,29±0,26
Селен, Se	25,5±1,01 мкг	8,0±0,1 мкг	29,0±2,1 мкг	12,0±0,11
Мырыш, Zn	2,72±0,11	7,3±0,13	3,10±0,21	9,4±0,25
Кобальт, Co	-	12,0±1,01 мкг	-	17,3±1,3
Молибден, Mo	-	10,0±0,14 мкг	-	8,0±0,84
Хром, Cr	-	9,0±0,54 мкг	-	10,0±0,91

Тауық субөнімдерін зерттеу қорытындылары аралас тағам өнімдерін өндіру үшін перспективті ет шикізаты екендігін, яғни коллаген, макро-, микроэлементтер ретінде таптырмас қайнар көзі болып табылады.

Құрама ет өнімдері – сальтисон өндіруде қосымша шикізат ретінде басқа да өсімдік шикізаттары, атап айтқанда насыбайгүл (базилик), зире (кумин) және гүлді қалампыр (гвоздика) пайдаланылады. Өсімдік шикізаттары құрамында организмге оңай қорытылатын және ыдырағанда энергия бөлетін көмірсулар, А, К, В тобының витаминдерінің құнды көзі

болып табылады. Қабынуға қарсы қасиеттері бар, қанның ұюын жақсартатын таниндер, зат алмасуды реттейтін флавоноидтер, эфирлер, сонымен қатар калий, фосфор, мырыш, темір, мыс және т.б. минералды заттар бар. Осылайша, өсімдік шикізаттарын зерттеу нәтижелері олардың майқышқылдық құрамымен және кейбір минералдардың жоғары құрамымен сипатталатынын көрсетті. Консервіленген тауық етінің қосалқы өнімдерін өндіруде өсімдік шикізаттарын пайдалану өнімнің көмірсулармен, минералдармен байытады және композицияның дәмі мен хош иісті қасиеттерін арттырады.

Негізінен сальтисон – отаны Италия болып саналатын дәмді ет тағамы. Дәмдеуіштер мен сарымсақ қосылған майдалап туралған ет пен шошқа етінен жасалған тағамдар идеясын ұсынған итальяндықтар болады. Сальтисон еттен және ет субөнімдерінен жасалған тағам. Сальтисонның классикалық рецептурасы шошқа еті, шошқа етінің субөнімдері сияқты ингредиенттерді қамтиды, яғни бауыр, бүйрек, өкпе және жүрек. Сальтисонды дайындау үшін әр түрлі ет пен ет қосалқы өнімдерін қолдануға болады, бірақ оны тауық субөнімдерінен дайындау, өнімді үнемді және экологиялық мәселелерді шешуге ықпал етеді.

4-кестеде тауық асқазаны мен жүрегі, насыбайгүл және зире негізіндегі сальтисон дайындауға арналған қоспаның рецептурасы келтірілген. Зерттеу жүргізуге құрама ет өнімдерінен төрт түрлі құрамдағы, негізгі құрамда насыбайгүл мен зире, қалғандарында тауық асқазаны мен жүрегі алынды.

Кесте 4 – Тауық асқазаны мен жүрегі, насыбайгүл және зире негізіндегі сальтисон дайындауға арналған қоспаның рецептурасы

Компоненттер	Әр түрлі варианттағы мөлшерлері (%)			
	1	2	3	4
Тауық асқазаны	37,0	57,0	-	-
Тауық жүрегі	-	-	34,0	47,0
Насыбайгүл	23,0	17,0	23,0	19,0
Зире ұнтағы	22,0	13,0	22,0	16,0
Майда қуырылған пияз	5,0	5,0	8,0	8,0
Майда қуырылған сәбіз	8,0	8,0	9,0	9,0
Ұнтақталған қара бұрыш	0,03	0,03	0,03	0,03
Ұнтақталған иісті бұрыш	0,021	0,021	0,021	0,021
Ас тұзы	1,3	1,3	1,3	1,3
Сарымсақ	1,6	1,6	1,6	1,6
Су	3,48	2,48	3,48	3,48

Зерттеу жұмысында сальтисон дайындау үшін тауықтың асқазаны мен жүрегі тазартылып, жуылып және 0,5x2,0 см-ден аспайтын бөліктерге бөлінген, өсімдік шикізаттары, сарымсақ, бұрыш және басқа да дәмдеуіштер қолданылды. Содан кейін оны араластырып, сиырдың ішегіне немесе асқазанына, қазіргі нұсқада – жасанды қаптамаға салып, қайнатылады, немесе пеште қайтадан пісіріледі. Пияз бен сәбіз майда қуырылып, өнімге ерекше қасиет пен дәмді хош иіс бере отырып, көмірсулармен, тағамдық талшықтармен, минералдармен байытады. Дайын өнімді салқын күйінде жеуге болады.

Қорытынды

Қорытындылай келе тауық етінің қосалқы өнімдері мен өсімдік шикізатында әзірленген сальтисон өнімдері құрамы жағынан егде жастағы ересек тұрғындардың физиологиялық қажеттіліктеріне сай. Ол өнім орташа калориялы ет өніміне жатады. Консервілердің липидті құрамдас бөлігі негізінен полиқанықпаған май қышқылдарымен ұсынылған. Тауық асқазаны мен жүрегі, насыбайгүл және зире негізінде дайындалған сальтисон фосфор, күкірт, темір, мыс, селен және мырыштың қосымша көздері болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Консервированные продукты для геродиетического питания / Н.М. Алабина и др. // Пищевая промышленность. – 2012. – № 5. – С. 34-35.
2. Дзахмишева З.А. Функциональные пищевые продукты геродиетического назначения / З.А. Дзахмишева, И.Ш. Дзахмишева // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 2048-2051.
3. Разработка технологии функциональных мясных продуктов / Я.М. Узаков и др. // Мясная индустрия. – 2010. – № 3. – С. 51-52.

4. Антипова, Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 384 с.
5. Гиро Т.М. Мясные продукты с растительными ингредиентами для функционального питания / Т.М. Гиро, О.И. Чиркова // Мясная индустрия. – 2007. – № 1. – С. 43-46.
6. Денисович Ю.Ю. Инновационная технология производства мясных полуфабрикатов с применением натуральной пищевой добавки / Ю.Ю. Денисович, Т.П. Трухина // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С. 171-176.
7. Браудо Е.Е. Растительный белок: новые перспективы / под. ред. Е.Е. Браудо. – М.: Пищепромиздат, 2000. – 180 с.
8. Иванова В.П. Современный взгляд на строение и эволюцию коллагенов / В.П. Иванова, А.И. Кривченко // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2014. – № 4. – С. 245.
9. Становова И.А. Методические подходы к определению количественного содержания коллагена в животных белках / И.А. Становова и др. // Все о мясе. – 2017. – № 3. – С. 11-13.
10. Харина А.П. Сравнительная характеристика методов определения коллагена в мясной продукции / А.П. Харина и др. // Все о мясе. – 2019. – № 5. – С. 16-18.
11. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания / Н.Б. Ребезов и др. // Пищевая промышленность. – 2011. – № 5. – С. 13-15.
12. Шишков Ю.И. Некоторые аспекты продуктов функционального питания / Ю.И. Шишков // Пищевая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 10-11.
13. Долматова И.А. Продукты функционального назначения в питании населения / И.А. Долматова, С.Ш. Латыпова // Молодой ученый. – 2016. – № 7(111). – С. 63-65. <https://moluch.ru/archive/111/27940/>.
14. Растительное сырье в создании мясных продуктов функционального назначения / О.В. Ключникова и др. // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 120-124.
15. Васильев М.П. Коллагеновые нити, волокнистые и пленочные материалы: монография / М.П. Васильев. – СПб.: СПГУТД, 2004. – 397 с.
16. Курьянова Н.Х. Методы исследования мяса и мясных продуктов / сост. Н.Х. Курьянова. – Димитровград: ТИ(ф)УГСХА, 2013. – 71 с.
17. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов: книга 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

References

1. Konservirovannye produkty dlya gerodieticheskogo pitaniya / N.M. Alabina i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. – 2012. – № 5. – S. 34-35. (In Russian).
2. Dzakhmisheva Z.A. Funktsional'nye pishchevye produkty gerodieticheskogo naznacheniya / Z.A. Dzakhmisheva, I.SH. Dzakhmisheva // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 9. – S. 2048-2051. (In Russian).
3. Razrabotka tekhnologii funktsional'nykh myasnykh produktov / YA.M. Uzakov i dr. // Myasnaya industriya. – 2010. – № 3. – S. 51-52. (In Russian).
4. Antipova, L.V. Ispol'zovanie vtorichnogo kollagensoderzhashchego syr'ya myasnoi promyshlennosti / L.V. Antipova, I.A. Glotova. – SPb.: GIORД, 2006. – 384 s. (In Russian).
5. Giro T.M. Myasnye produkty s rastitel'nymi ingredientami dlya funktsional'nogo pitaniya / T.M. Giro, O.I. Chirkova // Myasnaya industriya. – 2007. – № 1. – S. 43-46. (In Russian).
6. Denisovich YU.YU. Innovatsionnaya tekhnologiya proizvodstva myasnykh polufabrikatov s primeneniem natural'noi pishchevoi dobavki / YU.YU. Denisovich, T.P. Trukhina // Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo». – Voronezh: VGUIT, 2013. – S. 171-176. (In Russian).
7. Braudo E.E. Rastitel'nyi belok: novye perspektivy / pod. red. E.E. Braudo. – M.: Pishchepromizdat, 2000. – 180 s. (In Russian).
8. Ivanova V.P. Sovremennyi vzglyad na stroenie i ehvolyutsiyu kollagenov / V.P. Ivanova, A.I. Krivchenko // Zhurnal ehvolyutsionnoi biokhimii i fiziologii. – 2014. – № 4. – S. 245. (In Russian).
9. Stanovova I.A. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu kolichestvennogo sodержaniya kollagena v zhivotnykh belkakh / I.A. Stanovova i dr. // Vse o myase. – 2017. – № 3. – S. 11-13. (In Russian).

10. Kharina A.P. Sravnitel'naya kharakteristika metodov opredeleniya kollagena v myasnoi produktsii / A.P. Kharina i dr. // Vse o myase. – 2019. – № 5. – S. 16-18. (In Russian).
11. Izuchenie otnosheniya potrebiteli k obogashchennym produktam pitaniya / N.B. Rebezov i dr. // Pishchevaya promyshlennost'. – 2011. – № 5. – S. 13-15. (In Russian).
12. Shishkov YU.I. Nekotorye aspekty produktov funktsional'nogo pitaniya / YU.I. Shishkov // Pishchevaya promyshlennost'. – 2007. – № 1. – S. 10-11. (In Russian).
13. Dolmatova I.A. Produkty funktsional'nogo naznacheniya v pitanii naseleniya / I.A. Dolmatova, S.SH. Latypova // Molodoi uchenyi. – 2016. – № 7(111). – S. 63-65. <https://moluch.ru/archive/111/27940/>. (In Russian).
14. Rastitel'noe syr'e v sozdanii myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya / O.V. Klyuchnikova i dr. // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2011. – № 7. – S. 120-124. (In Russian).
15. Vasil'ev M.P. Kollagenovye niti, voloknistye i plenochnye materialy: monografiya / M.P. Vasil'ev. – Spb.: SPGUTD, 2004. – 397 s. (In Russian).
16. Kur'yanova N.KH Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov / sost. N.KH. Kur'yanova. – Dimitrovgrad: TI(f)UGSKHA, 2013. – 71 s. (In Russian).
17. Skurikhin, I.M. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov: kniga 2. Spravochnye tablitsy sodержaniya aminokislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov / pod red. I.M. Skurikhina i M.N. Volgareva. – M.: Agropromizdat, 1987. – 360 s. (In Russian).

Б.М. Хамитова*, А.Р. Тасполтаева, Г.А. Кожабекова
 Южно-Казахстанский университет им. М. Аззова,
 160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5
 *e-mail: barno-007@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КУРИНЫХ СУБПРОДУКТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ САЛЬТИСОНА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

В данной статье приводится обоснование использования куриных субпродуктов в технологии мясопродуктов функциональной направленности. Приведены результаты исследования по химическому составу исходного сырья. Объектами исследования являлись куриные желудки и сердца, полученные из них сальтисона. В качестве дополнительных ингредиентов были использованы растительные компоненты порошок семян зиры (кумин), базилик, лук, морковь, чеснок и пряности, по показателям качества, соответствующие требованиям стандарта. Зира - специя со среднеазиатским колоритом. Семена кумина богаты витаминами и минералами, содержат 15,2% бета-каротина, 41,9% тиамина, 18,2% рибофлавина, 21,8% пиридоксина и 22,2% токоферола. Витамины, содержащиеся в семенах кумина, входят в состав важных ферментов углеводного и энергетического обмена, обеспечивая организм энергией, а также обеспечивая метаболизм аминокислот с разветвленной цепью. Установлено, что сальтисон на основе куриных субпродуктов и растительного сырья можно отнести к группе продуктов функционального назначения. Субпродукты кур являются перспективным сырьем для производства мясных продуктов с повышенным содержанием аминокислот для синтеза собственного коллагена в организме человека. Содержание коллагена в составе белков куриных сердец и желудков составляет 16,5-21,5%. Сумма коллагенообразующих аминокислот (пролин+оксипролин) в куриных желудках составляет 7,73 г/100 г белков, в куриных сердцах, соответственно, 3,86 г/100 г белков.

Ключевые слова: сальтисон, куриные субпродукты, коллаген, аминокислоты, липиды, аэродетические продукты, мсассовая доля белка.

B. Khamitova*, A. Taspoltayeva, G. Kozhabekova
 M.Auezov' South-Kazakhstan University,
 160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave.,5
 *e-mail: barno-007@mail.ru

RESEARCH ON THE USE OF CHICKEN BY-PRODUCTS IN THE PRODUCTION OF SALTISON WITH PLANT ADDITIVES

This article provides a rationale for using chicken by-products in the technology of functional meat products. The results of a study on the chemical composition of the raw material are presented. The objects of the study were chicken stomachs and hearts, and head cheese obtained from them. Plant components such as caraway seed powder, basil, onion, carrot, garlic and spices were used as additional ingredients, with quality indicators that meet the requirements of the standard. Cumin is a spice with a Central Asian flavor. Cumin seeds are rich in vitamins and minerals, containing 15.2% beta-carotene, 41.9% thiamine, 18.2% riboflavin,

21.8% pyridoxine, and 22.2% tocopherol. The vitamins in cumin seeds are part of important enzymes for carbohydrate and energy metabolism, providing the body with energy, and also ensuring the metabolism of branched-chain amino acids. It was found that head cheese based on chicken by-products and plant materials can be classified as a functional product. Chicken by-products are a promising raw material for the production of meat products with a high content of amino acids for the synthesis of the body's own collagen. The collagen content in the proteins of chicken hearts and stomachs is 16.5-21.5%. The amount of collagen-forming amino acids (proline + hydroxyproline) in chicken stomachs is 7.73 g / 100 g of proteins, in chicken hearts, respectively, 3.86 g / 100 g of proteins.

Key words: saltison, chicken by-products, collagen, amino acids, lipids, gerodietetic products, mass fraction of protein.

Сведения об авторах

Барна Махаматовна Хамитова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, Шымкент; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Айбала Рысбековна Тасполтаева – кандидат технических наук, доцент; Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, Шымкент; e-mail: aibala.taspoltaeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Гүлдана Акбердиевна Қожабекова – магистр, старший преподаватель; Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан, Шымкент; e-mail: guldana20.14@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9776-2524>.

Авторлар туралы мәліметтер

Барна Махаматовна Хамитова* – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; М. Әузов атындағы Оңтүстік-Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Айбала Рысбекқызы Тасполтаева – техника ғылымдарының кандидаты, доцент; М. Әузов атындағы Оңтүстік-Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент; e-mail: aibala.taspoltaeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Гүлдана Ақбердиевна Қожабекова – магистр, аға оқытушы; М. Әузов атындағы Оңтүстік-Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент; e-mail: guldana20.14@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9776-2524>.

Information about the authors

Barna Khamitova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M.Auezov South-Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Aibala Taspoltayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; M.Auezov South-Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent; e-mail: aibala.taspoltaeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Guldana Kozhabekova – Master, senior lecturer; M.Auezov South-Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent; e-mail: guldana20.14@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9776-2524>.

Редакцияға енуі 13.02.2025

Жариялауға қабылданды 20.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-21)

MPHTI: 65.09.05



Г.Т. Жуманова*, Б.М. Кулуштаева, Ф.Х. Смольникова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Казахстан, г. Семей, ул Глинки 20 А
*e-mail: G-7290@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТР ТС 021/2011

Аннотация: Безопасность пищевых продуктов – одна из важнейших гигиенических проблем. В последние 15 лет на наш потребительский рынок поступает большое количество зарубежных пищевых продуктов, вытесняя отечественные продукты питания. При этом изменяются технологии производства пищевых продуктов, условия хранения и реализации, используются новые виды химических веществ, увеличивается их количество, вносимое в пищу.

Безопасность пищевой продукции является жизненно важным достижением для общества. 70% вредных веществ в наш организм попадает через потребляемые продукты. Несмотря на наличие в Казахстане Закона «О качестве и безопасности пищевых продуктов», предусматривающего государственное регулирование и контроль параметров качества и безопасности пищевой продукции, о настоящем ее составе – опасном для здоровья или нет – потребитель зачастую узнает только эмпирическим путем, то есть собственным желудком.

Интегрирование Казахстана в мировую экономику на равных правах возможно только при условии соблюдения принятых в международных стандартах правил и норм. Поэтому на пищевом предприятии должны гарантировать потребителям безопасность готовой продукции.

Главным и общим принципом процесса создания нового мясного продукта является достижение максимально возможного уровня полноценности и гарантированной безопасности изделия.

Результаты исследования, разработанных рубленых полуфабрикатом из конины с использованием белкового обогатителя по показателям безопасности свидетельствуют о соответствии требований ТР ТС 021/2011.

***Ключевые слова:** качество продукции; показатели безопасности сырья; ККТ; микробиологические показатели; анализ опасностей.*

Введение

Продовольственная безопасность является одной из главных целей аграрной и экономической политики государства. В своём общем виде она формирует вектор движения любой национальной продовольственной системы к идеальному состоянию. Экономическое развитие государства, его потенциал, стабильность и положение в современном мире определяются способностью обеспечения продовольственной безопасности страны [1].

Безопасность пищевой продукции является жизненно важным достижением для общества. 70% вредных веществ в наш организм попадает через потребляемые продукты. Несмотря на наличие в Казахстане Закона «О качестве и безопасности пищевых продуктов», предусматривающего государственное регулирование и контроль параметров качества и безопасности пищевой продукции, о настоящем ее составе – опасном для здоровья или нет – потребитель зачастую узнает только эмпирическим путем, то есть собственным желудком [2].

Интегрирование Казахстана в мировую экономику на равных правах возможно только при условии соблюдения принятых в международных стандартах правил и норм. Поэтому на пищевом предприятии должны гарантировать потребителям безопасность готовой продукции.

Главным и общим принципом процесса создания нового мясного продукта является достижение максимально возможного уровня полноценности и гарантированной безопасности изделия.

Безопасность продукции зависит от содержания патогенных и непатогенных микроорганизмов, наличия продуцируемых ими токсинов, в повышенных количествах, химических примесей (солей тяжелых металлов, дезинфицирующих веществ, пестицидов, антибиотиков, гормональных и противопаразитарных препаратов, радионуклидов), механических примесей, (металлической крошки, кусочков кости, стекла и т.п.)

Уровень безопасности пищевых продуктов оценивают (как правило, в готовом продукте, но априори- уже на начальном этапе подбора сырья) химико-аналитическими, микробиологическими и биологическими методами путем сопоставления результатов качественных и количественных исследований с нормами, утвержденными Госсанэпиднадзором и Минздравом РК для отдельных веществ и компонентов [3-5].

Качество продукции определяется как совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Основную роль при оценке качества мяса и мясопродуктов играют следующие показатели: содержание компонентов, которые используются организмом для биологического синтеза и покрытия энергетических затрат: органолептические характеристики (внешний вид, цвет, консистенция, запах); отсутствие токсических веществ и патогенных микроорганизмов. Важное значение имеет также стабильность свойств продукта, степень сохранения их качественных показателей в процессе хранения и транспортировки.

Показатели качества мяса и мясopодуктов зависят от состава и свойств исходного сырья, используемых рецептур, условий и режимов технологической обработки и хранения. Объективная и всесторонняя оценка указанных зависимостей является необходимой основой для выявления факторов, влияющих на качество и безопасность продукции [6-9].

Объекты исследования

Для изготовления рубленых полуфабрикатов использовали конину 1 категории, жилованную, в охлажденном состоянии, измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 2-3 мм. Степень измельчения зависит от вида рубленых полуфабрикатов и оказывает большое влияние на качество готовой продукции. Далее сырье подвергали процессу перемешивания в фаршемешалке

В котлетную массу из конины вводили БО, лук репчатый, соль пищевую, специи, яйца куриные. Перемешивание фарша производили в лопастной мешалке в течении 4-8 минут. Схема производства рубленого полуфабриката из конины с добавлением белкового обогатителя представлены на рисунке 1

Методы исследования

Микробиологические исследования проводили по СТ РК ГОСТ Р 51448-2010. Мясо и мясные продукты. *Определение содержания токсичных элементов* проводили согласно ГОСТ 26929-94. Продукты пищевые и продовольственное сырье.

Результаты исследования

Обязательным условием выпуска продукции высокого качества является правильный подбор сырья, строгое соблюдение режимных параметров всех стадий технологического процесса производства и хранения, санитарно-гигиенических норм.

Всю выпускаемую продукцию контролируют на соответствие ее качественных характеристик регламентов ТС национальных и межгосударственных стандартов или технических условий (ТУ) на новые полуфабрикаты.

На рисунке 1 представлена блок-схема производства мясного полуфабриката и определены критические контрольные точки производства полуфабриката (табл. 1).

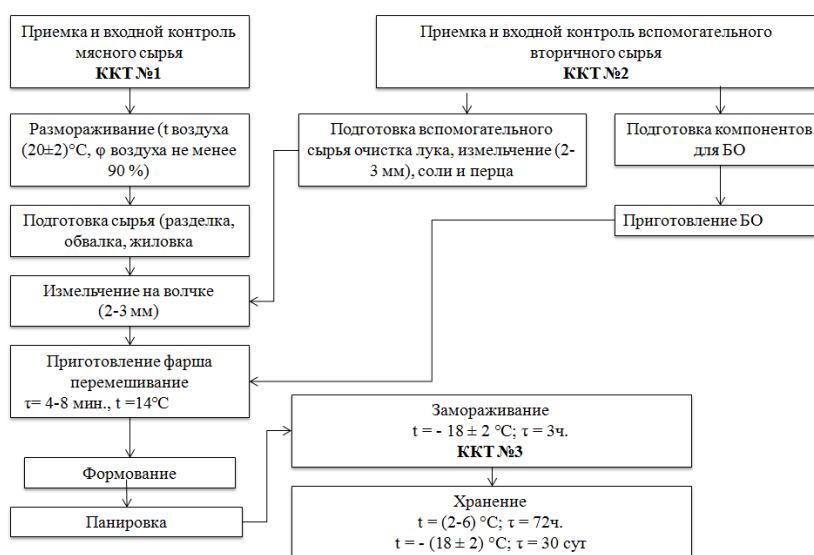


Рисунок 1 – Блок-схема производства мясного полуфабриката

Таблица 1 – Критические контрольные точки (ККТ) при производстве полуфабрикатов

Наименование операции	ККТ	Учитываемые факторы
Приемка и входной контроль мясного сырья	1	Микробиологические: КМАФаМ. Химические: токсичные элементы, пестициды, радионуклиды, антибиотики Физические: мелкие металлические детали, осколки стекла
Приемка и входной контроль вспомогательного сырья	2	Микробиологические: КМАФаМ. Химические: токсичные элементы, пестициды, радионуклиды, нитраты
Замораживание	3	Микробиологические: КМАФнМ, БГКП, плесени

Применение алгоритмов определения ККТ выделены как рациональные для управления и эффективного контроля при ККТ: приемка и входной контроль мясного и вспомогательного сырья, замораживание и периодические испытания, оказывающие значительное влияние на качество и безопасность.

Обсуждение результатов исследования

Выделенные опасные факторы позволяет минимизировать или полностью сократить возникновение производственных рисков, что повлияет на безопасность производства и повышение качества объекта исследования. Разработанный полуфабрикат мясной рубленый из конины с БО соответствует требованиям ГОСТ 32951 – 2014. В таблице 2 представлена полное описание продукта.

Таблица 2 – Описание рубленых полуфабрикат из конины и использованием БО

Название продукта	Рубленые полуфабрикаты из конины с использованием БО по СТ РГП на ПВХ 3992 1917 27 002-2019
Используемое сырье	Полуфабрикаты мясные рубленые изготовленные из конины, с добавлением белкового обогатителя, лука, соли, яиц куриных, сухарей панировочных, кориандра, черного перца использованы при сертификации.
Характеристики готового продукта, существенные для его безопасности	Микробиологические показатели: БГКП (колиформы); Патогенные в т.ч. сальмонеллы; Сульфитредуцирующие клостридии; S. Aureus – не допускаются. Токсичные элементы, допустимые уровни, мг/кг, не более: свинец – 0,5; мышьяк – 0,1; кадмий – 0,05; ртуть – 0,03. N – нитрозамины – 0,004 мг/кг. Бенз(а)пирен – 0,001 мг/кг. Антибиотики: Левомецетин; тетрациклиновая группа; гризин; бацитрацин – не допускаются. Пестициды: Гексахлорциклогексан – 0,1 мг/кг; ДДТ и его метаболиты – 0,1 мг/кг.
Как продукт будет использоваться	Нуждается в термообработке
Упаковка	Полуфабрикаты фасуют в материалы и упаковки разрешенными к применению органами комитета контроля качества и безопасности товаров и услуг министерства здравоохранения Республики Казахстан. Масса нетто полуфабрикатов не должна иметь отклонений более чем 7% меньшую сторону.
Срок и условия хранения	Срок хранения полуфабрикатов охлажденных при температуре от 2 до 6° С-не более 72 ч. Срок хранения замороженных полуфабрикатов при t=-18±2°С-30 суток. Рубленые полуфабрикаты упаковывают под вакуумом.
Где продукт будет использоваться	В розничной торговой сети
Кем продукт будет использоваться	Для массового потребления
Инструкции по маркированию продукта	– наименования предприятия-изготовителя, его адреса, – наименования и состава продукта, даты изготовления, – срока годности и условий хранения, – массы нетто продукта, – количества упакованных единиц или порций, – информационных сведений о пищевой и энергетической ценности 100г. продукта, – информации о сертификации, – обозначения настоящих технических условий. Допускается при отгрузке продукции для местной реализации тару не маркировать, но обязательно в каждый ящик вкладывать ярлык с вышеперечисленными обозначениями.
Особый контроль при доставке	Тара для полуфабрикат должна быть чистой, сухой, без плесени и постороннего запаха. Многооборотная тара должна иметь крышку. При отсутствии крышки допускается для местной реализации тару накрывать оберточной бумагой, пергаментом, подпергаментом.

Заклучение

Для подтверждения безопасности пищевой продукции в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011[5] при изготовлении рубленого полуфабриката необходимо внедрять и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП, в основе которых лежит анализ опасностей, оценка рисков и определение критических контрольных точек в процессе производства.

Список литературы

1. Кайгородцев А.А. Экономическая и продовольственная безопасность Казахстана. Вопросы теории, методологии, практики / А.А. Кайгородцев. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2006. – 384 с
2. Закон Республики Казахстан. О безопасности пищевой продукции: принят 21 июля 2007 года, №301 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs>. 15.07.2020.
3. Обеспечение пищевой безопасности Республики Казахстан / Г.Т. Жуманова и др. // Вестник АТУ. – 2019. – № 2. – С. 127.
4. The effect of technological parameters on functional, technological and physicochemical indicators of horse meat minces with added chicken combs / G. Zhumanova et al // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2022. – Vol. 16. – P. 545-555.
5. Использование белкового компонента для производства мясных продуктов / Г.Т. Жуманова и др. // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы производства продуктов питания: состояние и перспективы развития», посв. 75-летию Е.Т. Тулеуова. – Семей, 2017. – С. 4-6.
6. Жуманова Г.Т. Коллагенсодержащее сырье, его свойства и области применения / Г.Т. Жуманова, Б.К. Асенова // Вестник ГУ имени Шакарима г. Семей. – 2019. – № 1(85). – С. 31-34.
7. Prospects of Using Poultry by-Products in the Technology of Chopped Semi-Finished Products / G. Zhumanova et al // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – Vol. 7(3.34). – P. 495-498.
8. Жуманова Г.Т. Влияние белковых обогатителей на изменение структурно-механических свойств фарша и готовых продуктов / Г.Т. Жуманова, Б.К. Асенова, М.Б. Ребезов // Матер. 14-й междунар. науч.-практ. конф. «Качество продукции технологий и образования». – Магнитогорск: Изд-во гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. – С. 88-89.
9. Пат. 3373 Республика Казахстан. Способ производства мясных полуфабрикатов / Асенова Б.К., Жуманова Г.Т., Ребезов М.Б. и др.; опубл. 03.03.18., Бюл №3374. – 2 с.
10. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». – 2011. – С. 242.

References

1. Kaigorodtsev A.A. Ekonomicheskaya i prodovol'stvennaya bezopasnost' Kazakhstana. Voprosy teorii, metodologii, praktiki / A.A. Kaigorodtsev. – Ust'-Kamenogorsk: Media-Al'yans, 2006. – 384 s. (In Russian).
2. Zakon Respubliki Kazakhstan. O bezopasnosti pishchevoi produktsii: prinyat 21 iyulya 2007 goda, №301 // <https://adilet.zan.kz/rus/docs>. 15.07.2020. (In Russian).
3. Obespechenie pishchevoi bezopasnosti Respubliki Kazakhstan / G.T. Zhumanova i dr. // *Vestnik ATU*. – 2019. – № 2. – S. 127. (In Russian).
4. The effect of technological parameters on functional, technological and physicochemical indicators of horse meat minces with added chicken combs / G. Zhumanova et al // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2022. – Vol. 16. – P. 545-555. (In English).
5. Ispol'zovanie belkovogo komponenta dlya proizvodstva myasnykh produktov / G.T. Zhumanova i dr. // *Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy proizvodstva produktov pitaniya: sostoyanie i perspektivy razvitiYA»*, posv. 75-letiyu E.T. Tuleuova. – Semei, 2017. – S. 4-6. (In Russian).
6. Zhumanova G.T. Kollagensoderzhashchee syr'e, ego svoistva i oblasti primeneniya / G.T. Zhumanova, B.K. Asenova // *Vestnik GU imeni Shakarima g. Semei*. – 2019. – № 1(85). – S. 31-34. (In Russian).
7. Prospects of Using Poultry by-Products in the Technology of Chopped Semi-Finished Products / G. Zhumanova et al // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – Vol. 7(3.34). – P. 495-498. (In Russian).

8. Zhumanova G.T. Vliyanie belkovykh obogatitelei na izmenenie strukturno-mekhanicheskikh svoystv farsha i gotovykh produktov / G.T. Zhumanova, B.K. Asenova, M.B. Rebezov // Mater. 14-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Kachestvo produktiv tekhnologii i obrazovaniYA». – Magnitogorsk: Izd-vo gos. tekhn. un-ta im. G.I. Nosova, 2019. – S. 88-89. (In Russian).
9. Pat. 3373 Respublika Kazakhstan. Sposob proizvodstva myasnykh polufabrikatov / Asenova B.K., Zhumanova G.T., Rebezov M.B. i dr.; opubl. 03.03.18., Byul №3374. – 2 s. (In Russian).
10. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoi produktiv». – 2011. – S. 242. (In Russian).

Г.Т. Жуманова*, Б.М. Кулуштаева, Ф.Х. Смольникова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі 20 А
e-mail: G-7290@mail.ru

КЕДЕН ОДАҒЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ РЕГЛАМЕНТІ 021/2011 ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕС ЕТТЕН ЖАСАЛҒАН ШАБЫЛҒАН ЖАРТЫЛАЙ ФАБРИКАТТАР ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ

Азық-түлік қауіпсіздігі қазіргі қоғам үшін аса маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Соңғы 15 жыл ішінде отандық азық-түлік өнімдерінің нарықтан ығыстырылуы нәтижесінде, елімізге көптеген шетелдік өнімдер келіп жетті. Сонымен қатар, тамақ өндірісінің технологиясы, сақтау және өткізу шарттары өзгеріп, химиялық заттардың жаңа түрлері енгізілуде, олардың тағамға қосылу мөлшері де артуда.

Өнімнің қауіпсіздігін зерттеу бұл қоғам үшін өте маңызды. Зиянды заттардың 70%-ы ағзаға тамақ арқылы енеді. Қазақстанда тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін реттеуге арналған «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі туралы» заң бар болса да, тұтынушылар өнімнің нақты құрамы, яғни денсаулыққа қауіптілігі жөнінде көбінесе тек эмпирикалық тәсілмен, яғни өз тәжірибесі арқылы ақпарат алады.

Жаңа өнімдерін өндірудің негізгі принципі – өнімнің пайдалы қасиеттері мен қауіпсіздігінің ең жоғары деңгейіне жету.

Зерттеу нәтижелері бойынша, жылқы етінен жасалған ақуыз байытқыш қосылған жартылай фабрикаттың қауіпсіздік көрсеткіштері, кедендік одақтың техникалық регламентіне 021/2011 қауіпсіздік талаптарына сәйкес келетінін көрсетеді.

***Түйін сөздер:** өнім сапасы; шикізат қауіпсіздігі көрсеткіштері; СБН; микробиологиялық көрсеткіштер; қауіптілікті талдау.*

G.T. Zhumanova*, B.M. Kulushtayeva, F.H. Smolnikova, A.S. Kambarova, Z.M. Atambaeva
Shakarim University, Semey City,
071412, Republic of Kazakhstan, 20 A Glinky Street
e-mail: G-7290@mail.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MINCED MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE TECHNICAL REGULATIONS OF THE CUSTOMS UNION 021/2011

Food Safety – One of the Most Important Hygienic Issues.

In the past 15 years, a significant number of foreign food products have entered our consumer market, gradually replacing domestic food products. This shift has brought changes to food production technologies, storage, and distribution conditions. New types of chemicals are being introduced, and their quantities in food are increasing.

Food safety is a crucial achievement for society, as 70% of harmful substances enter our bodies through consumed products. Despite the existence of the "Law on Quality and Safety of Food Products" in Kazakhstan, which provides for state regulation and control over the quality and safety of food products, consumers often discover the actual composition of these products – whether they are harmful to health or not – only through trial and error, in other words, through personal experience.

The main and universal principle in the process of creating a new meat product is to achieve the highest possible level of nutritional value and guaranteed safety of the product.

The research results show that the safety indicators of the semi-finished product made from horse meat with the addition of a protein enricher comply with the safety requirements of the Customs Union Technical Regulations 021/2011.

***Key words:** product quality; raw material safety indicators; CCP; microbiological indicators; hazard analysis.*

Авторлар туралы мәліметтер

Гульнара Токеновна Жуманова* – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Ботакоз Манарбековна Кулуштаева – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Фарида Харисовна Смольникова – т.ғ.к., «Тамақ технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Сведения об авторах

Гульнара Токеновна Жуманова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Ботакоз Манарбековна Кулуштаева – PhD, ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Фарида Харисовна Смольникова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Information about the authors

Gulnara Zhumanova* – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Botakoz Kulushtaeva – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Farida Kharisovna Smolnikova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Food Technologies»; Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Arai Kambarova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Zhibek Atambayeva – Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Поступила в редакцию 27.01.2025

Поступила после доработки 19.02.2025

Принята к публикации 20.02.2025

А.Т. Қабденова*, Г.О. Мирашева, Ж.Х. Какимова, А.Е. Бепеева, Г.Н. Раимханова
Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі 20 А,
*e-mail: ain_arik@mail.ru

ӨСІМДІК ТЕКТЕС ШИКІЗАТТАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСПА НЕГІЗІНДЕ ЙОГУРТ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа: Ғылыми мақалада теориялық зерттеулер негізінде өсімдік тектес шикізаттан биологиялық белсенді қоспаларды қолдана отырып, йогурт технологиясын әзірлеудің өзектілігіне жүйелі талдау жүргізілді. Эмпирикалық зерттеулер негізінде Шығыс Қазақстан облысының аумағында өсетін дәрілік өсімдіктердің құрамы зерттелді, әсер етуші заттардың оңтайлы құрамы бар дәрілік өсімдіктердің композициясы таңдалды, дәрілік өсімдіктер сығындысының йогурт сапасының көрсеткіштеріне әсері зерттелді және функционалды бағыттағы йогурт технологиясы, рецептурасы әзірленді. Зерттеу жүргізу үшін сүт шикізатының, дәрілік өсімдіктердің, дәрілік өсімдіктер сығындысы мен йогурттың химиялық, физика-химиялық, микробиологиялық және органолептикалық көрсеткіштерін зерттеудің стандартты және жинақталған әдістері қолданылды.

Функционалды бағыттағы биойогурт өндіру үшін қалың сығынды алу әдісі жасалды. Қалың сығынды алу технологиясын тәжірибелік жолмен әзірлеу үшін келесі режимдер белгіленді – экстракция температурасы 50-55 °С, ұзақтығы 5 сағат, шикізат пен экстрагенттің қатынасы 1:20, экстрагент ретінде 95% этил спирті таңдалды. Биойогуртқа қалың сығынды енгізу технологиясы жасалды. Дәрілік өсімдіктердің сығындысын қолдану арқылы өндірілген биойогурт сапасының көрсеткіштері зерттелді. Дәрілік өсімдіктердің сығындысын енгізудің оңтайлы дозасы 6% екендігі анықталды. Биойогурттың сақтау мерзімі дәрілік өсімдіктердің қалың сығындысын 4-тен 6% - ға дейін 24 сағатқа дейін, оның ішінде дайындаушы зауытта 4-6 °С температурада 12 сағаттан аспайтын дозада сақтау керек.

Түйін сөздер: биойогурт; дәрілік өсімдіктер; биологиялық белсенді қоспа; функционалды қасиеттері; иммуностимуляторлық қасиеттері.

Кіріспе

Қазіргі уақытта ғылым өсімдік тектес шикізаттан алынған биологиялық белсенді қоспалармен байытылған ашытылған сүт өнімдерін зерттеуге және дамытуға айтарлықтай назар аударуда. Диеталық қоспаларды әзірлеудің негізі ретінде өсімдік және жануарлардан алынатын шикізат пайдаланылады. Сонымен қатар, биологиялық белсенді қоспаларды алу үшін ең перспективалы шикізат өсімдік тектес материалдар болып табылады [1, 2].

Гален препараттары түрінде диеталық қоспаларды алу үшін негізгі шикізат ретінде дәрілік өсімдіктер қолданылады. Бұл өсімдіктерде иммуномодуляциялық, радиопротекторлық қасиеттері бар және сүт өнімдеріне функционалды әсер көрсететін биологиялық белсенді заттар молынан кездеседі [3]. Дәрілік өсімдіктердің құрамындағы биологиялық белсенді заттардың үйлесімді құрамы олардың жоғары терапиялық әсерін қамтамасыз етеді. Бұл өсімдіктерден алынған түрлі дәрілік топтар арасында диеталық қоспалар ерекше маңызды орын алады. Диеталық қоспалар – бұл тағамдық қоспаларға қосу үшін ұсынылатын биологиялық белсенді заттардың концентраттары [4]. Олар флавоноидтар, таниндер, антиоксиданттар, сапониндер, алкалоидтар, эфир майлары, дәрумендер, минералдар және басқа да белсенді заттармен байытылған.

Сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеуде дәрілік өсімдіктерді функционалды ингредиенттер ретінде пайдалану қазіргі заманғы бағыттардың бірі болып табылады. Табиғи және функционалды қасиеттерін біріктіретін дәрілік өсімдіктердің диеталық қоспалары дайын өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттырады [5,6].

Йогуртты өсімдік тектес функционалды ингредиенттермен байытуға көп көңіл бөлінеді, өйткені йогурт халық арасында танымал өнім болып табылады және көптеген зерттеушілер көрсеткендей, берілген өнімнің формуласы мен технологиясының қарқынды инновациялық

әртараптандырылуы байқалады [7, 8]. Йогурт өндірісінде өсімдік тектес функционалды ингредиенттер ретінде негізінен жеміс-көкөніс толтырғыштары қолданылады [9].

Жоғарыда айтылғандардың негізінде экономиканың аграрлық секторын дамытудың мемлекеттік саясатының басым бағыты бола отырып, дәрілік өсімдіктерден алынған биологиялық белсенді қоспалармен байытылған йогурт технологиясы мен рецептурасын әзірлеу қазіргі заманның өзекті және перспективалы бағыттарының біріне жататынын атап өткен жөн [10].

Зерттеу әдістері

Зерттеу объектілері: Шығыс Қазақстан облысының аумағында өсетін дәрілік өсімдіктер; дәрілік өсімдіктердің сығындысы; йогурт.

Зерттеу этаптары:

Эмпирикалық зерттеулер бірнеше кезеңде жүргізілді:

1) Шығыс Қазақстан облысының аумағында өсетін дәрілік өсімдіктердің құрамын зерттеу негізінде биологиялық белсенді қоспаны алу үшін өсімдіктердің оңтайлы құрамы таңдалды;

2) дәрілік өсімдіктерден биологиялық белсенді қоспаны алудың тиімді тәсілі әзірленді;

3) дәрілік өсімдіктер сығындысының оны өндіру және сақтау процесінде йогурт сапасының көрсеткіштеріне әсері зерттелді;

4) биологиялық белсенді қоспалармен байытылған йогурт стандартының рецептурасы, технологиясы, жобасы әзірленді;

5) йогурттың жаңа түрінің сапа көрсеткіштері, тағамдық және биологиялық құндылығы зерттелді.

а) Дәрілік өсімдіктегі ылғалдың массалық үлесін анықтау

Кептірілген дәрілік өсімдік 10 мм мөлшеріне дейін ұсақталып, қақпағы бар бюкске қойылады. Қақпағы бар Бюкс алдымен кептіріліп, өлшенеді. Содан кейін дәрілік өсімдігі бар бюкстерді кептіру шкафына 100-105°C температурада орналастырады. 2 сағаттан кейін алғашқы өлшеу жүргізіледі, содан кейін қайтадан кептіріледі, әр 30 минут кептіру және 30 минут салқындату кезінде салмақты тұрақты массаға дейін өлшейді.

Ылғалдың пайыздық массалық үлесі формула бойынша есептеледі:

$$X = \frac{(m-m_1) \times 100}{m},$$

мұндағы m – кептіруге дейінгі шикізаттың массасы, г;

m_1 – кептіруден кейінгі шикізат массасы, г.

б) Йодометрия әдісімен С витаминін анықтау

Біз 10 г кептірілген және ерітіндіде ұсақталған дәрілік өсімдікті 250 мл колбаға енгіземіз, содан кейін 200 мл тазартылған су қосамыз, мұқият араластырамыз, бөлме температурасында 24 сағат демаламыз, содан кейін сүзгіден өткізіп, инфузия аламыз. Дәрілік өсімдіктің 5 мл инфузиясы 100 мл колбаға ауыстырылады, 0,5 мл 1% калий ерітіндісі, 2 мл 0,5% крахмал ерітіндісі және 1 мл 2% тұз қышқылы ерітіндісі қосылады және тазартылған сумен 10 мл көлеміне дейін жеткізіледі.

Сығындыдағы С витаминін анықтау үшін ерітіндіге 15 мг қалың сығынды енгізіліп, 5 мл тазартылған сумен мұқият сүртіледі. Ерітіндідегі мазмұн 250 мл колбаға ауыстырылады, содан кейін 200 мл тазартылған су қосыңыз, мұқият араластырыңыз, бөлме температурасында 24 сағат демалыңыз, содан кейін сүзгіден өткізіп, инфузия алыңыз. Дәрілік өсімдіктің 5 мл инфузиясы 100 мл колбаға ауыстырылады, 0,5 мл 1% калий ерітіндісі, 2 мл 0,5% крахмал ерітіндісі және 1 мл 2% тұз қышқылы ерітіндісі қосылады және тазартылған сумен 10 мл көлеміне дейін жеткізіледі.

Бақылау үшін көлемі 100 мл 0,5 мл колбада калийдің 1% ерітіндісі, 2 мл 0,5% крахмал ерітіндісі және 1 мл 2% тұз қышқылының ерітіндісі араластырылып, тазартылған сумен 10 мл көлеміне дейін жеткізіледі.

Содан кейін көк бояу пайда болғанға дейін зерттелетін және бақылау үлгісін kiO_3 ерітіндісімен 0,01 Н титрлеу жүргізіледі.

$Mg\%$ – дағы С витаминінің сандық құрамы формула бойынша анықталады:

$$X = a \times b \times k \times c \times 0.88$$

мұндағы a – бақылау үлгісін титрлеуге жұмсалған, олардың санын шегергендегі прототипті титрлеуге жұмсалған мл р-ра kiO_3 саны;

b – асылдандыру саны;
 k – түзету коэффициенті;
 c – титрлеуге арналған инфузия мөлшері, мл;
 0,88-1 мл 0,1 н р-ра КЮЗ сәйкес келетін мг-дағы аскорбин қышқылының мөлшері.

в) Сығындыны анықтау әдістері:

- ГОСТ 14618.6 бойынша сығындыдағы ылғалдың массалық үлесін анықтау;
- ГОСТ 32000 бойынша сығындының массалық концентрациясын анықтау;
- ГОСТ 30178 бойынша улы элементтерді анықтау.

с) Йогуртты анықтау әдістері:

- ГОСТ 31976 бойынша қышқылдықты анықтау;
- айналмалы вискозиметрдегі тұтқырлықты анықтау;
- ГОСТ 5867 бойынша майдың массалық үлесін анықтау;
- ГОСТ 3626 бойынша құрғақ заттардың массалық үлесін анықтау;
- СОМОНЫҢ массалық үлесі формула бойынша анықталады:

$$M_{\text{СОМО}} = M_{\text{с.в.}} - M_{\text{ж}} - M_{\text{сах}} - \left[\frac{M_{\text{к1}} \times M_{\text{с.в.1}}}{100} + \frac{M_{\text{к2}} \times M_{\text{с.в.2}}}{100} \right],$$

$M_{\text{с.в.}}$ қайда.в. – құрғақ заттардың массалық үлесі, %;

$M_{\text{ж}}$. – майдың массалық үлесі, %;

$M_{\text{ӘС}}$ – қанттың массалық үлесі, %;

$M_{\text{к1, 2}}$. – компоненттердің массалық үлесі, %.

Зерттеу нәтижелері

Диеталық қоспалармен байытылған йогурт стандартының рецептурасын, технологиясын, жобасын әзірлеу орындалды.

Зерттеудің бірінші кезеңінде үш жабайы дәрілік өсімдіктердің құрамы – жалбыз жапырақтары : қалақай жапырақтары: 60: 20: 20 қатынасында сусымалы тимьян шөбі негізінде алынған қалың сығынды енгізе отырып, биоурт рецептурасын әзірлеу қарастырылған.

Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, дәрілік өсімдіктердің 6% сығындысын қосқанда, биоурт жағымды жалбыз және сәл ащы дәмі мен қалақай иісі бар таза ашытылған сүтпен сипатталады. Қалақайдың сәл ащы дәмі мен иісін басу үшін биоурт рецептіне қант шәрбаты түрінде қант енгізу қарастырылған.

Майдың массалық үлесі 2,5% болатын биоурт рецептурасын жасау үшін майдың массалық үлесі бойынша материалдық теңгерім теңдеуі негізінде негізгі және қосалқы шикізат мөлшерін есептеу жүргізілді. Яғни, майдың массалық үлесі 3,6% болатын толық сүтті қалыпқа келтіру есебі жүргізілді.

Биоурт тұрақтандырғышты қоспай өндіріледі, өйткені формулада қалың сығынды енгізу қарастырылған.

Майдың массалық үлесі 2,5% болатын биоурт өндіруге арналған рецепт 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – биоурт рецептурасы

№	Шикізат	Шикізат шығыны, 1 тоннаға кг
1	Майдың массалық үлесі 3,6 болатын сиыр сүті%	460,2
2	Майсыз сүт	219,6
3	Майсыз сүт ұнтағы	130,2
4	Дәрілік өсімдіктердің қалың сығындысы	60
5	Ашытқы	30
6	Қант шәрбаты	100
Барлығы		1000

Әзірленген рецептураның және жүргізілген зерттеулердің негізінде биологиялық белсенді қоспа ретінде дәрілік өсімдіктердің қалың сығындысын енгізе отырып, биоурт алу технологиясы әзірленді.

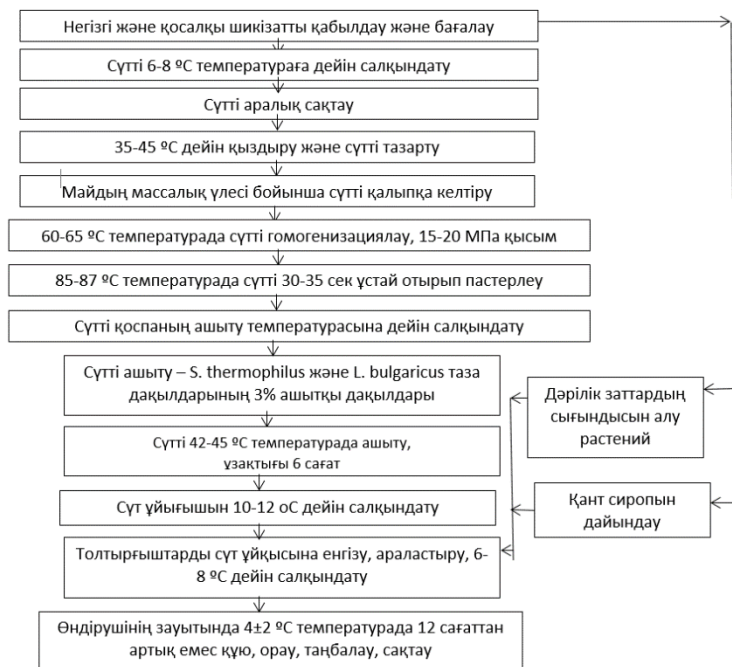
Биоурт өндіру технологиясына мынадай өзгерістер енгізілді:

– дәрілік өсімдіктердің сығындысы 10-12 °С температурада 6% мөлшерінде ашыту процесінен кейін сүт ұйығышына енгізіледі, мұқият араластырылады және 15-20 минут бойы ұсталады;

– биоогуртты сақтау мерзімі 24 сағаттан аспайды, оның ішінде дайындаушы зауытта $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ температурада 12 сағаттан аспайды.

Сығынды алу үшін сығынды алу технологиясын әзірлеу үшін оңтайлы құрамы бар сығынды алу үшін режимдер таңдалды-температура $50-55^{\circ}\text{C}$, ұзақтығы 5 сағат, шикізат пен экстрагенттің арақатынасы 1: 20, экстрагент ретінде 95% этил спирті таңдалды.

3 дәрілік өсімдіктердің құрамынан қалың сығынды енгізе отырып, биоогурт алудың технологиялық схемасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Биоогурт өндірісінің технологиялық схемасы

1-суреттен көріп отырғаныңыздай «биоогурт өндірісінің технологиялық схемасы» дәрілік өсімдіктердің құрамынан алынған сығынды $10-12^{\circ}\text{C}$ температурада ашыту процесінен кейін сүт ұйығышына 6% мөлшерінде енгізіледі. Рецепт бойынша дәрілік өсімдіктердің сығындысымен бірге сүт ұйығышына 10% қант шәрбаты қосылады.

Зерттеудің келесі кезеңінде биоогурт өндірісінің дамыған технологиясы негізінде биоогурттың тағамдық, биологиялық, энергетикалық құндылығы, органолептикалық көрсеткіштері және жаңа өнімнің қауіпсіздік көрсеткіштері бақылау үлгісімен салыстырғанда зерттелді. йогурт.

Дәрілік өсімдіктер негізінде алынған диеталық қоспаларды қолдана отырып, биоогурт сапасының көрсеткіштері анықталды.

Зерттеудің бірінші кезеңінде дәрілік өсімдіктердің сығындысын қоспай өндірілген йогуртпен салыстырғанда биоогурттың органолептикалық, физика-химиялық және қауіпсіздік көрсеткіштері анықталды.

Органолептикалық көрсеткіштерді зерттеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Биоогурттың органолептикалық көрсеткіштерді

Көрсеткіштердің атауы	Көрсеткіштердің сипаттамасы	
	Байытылған биоогурт	Йогурт
Консистенциясы, сыртқы түрі	біртекті, орташа тұтқыр	біртекті, орташа тұтқыр
Түсі	жеңіл крем, бүкіл масса бойынша біркелкі	сүтті ақ
Дәмі мен иісі	таза ашытылған сүт, жағымды жалбыз дәмі мен иісі бар тәтті	таза ашытылған сүт, тәтті, бөтен дәм мен иіссіз

2-кестеден көріп отырғанымыздай, «биоогурттың органолептикалық көрсеткіштері», Жаңа байытылған био-огурт сығынды қоспай өндірілген йогурттан бүкіл массасы бойынша

біртекті ашық кремді реңктің болуымен ерекшеленеді. Қант сиропын қосу қалақайдың сәл ащы дәмі мен иісін тегістеді.

Келесі кезеңде зерттелетін өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштері зерттелді. Зерттеу нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – байытылған биогурттың физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштердің сипаттамасы	Характеристика показателей	
	Байытылған биогурт	Йогурт
Майдың массалық үлесі, %	2,5±0,2	2,5±0,3
Ақуыздың массалық үлесі, %	3,1±0,3	3,0±0,2
СОМО масалық үлесі, %	10,6±0,3	9,8±0,2
Титрленетін қышқылдық, °Т	135±5,0	126±5,0
Тығыздық, Па*с	18,2±0,2	17,6±0,2

3-кестеден көріп отырғаныңыздай «байытылған биоюгурттың физика-химиялық көрсеткіштері» дәстүрлі технология бойынша өндірілген йогуртпен салыстырғанда дәрілік өсімдік сығындысы қосылған биоюгурт құрғақ, майсыз сүт қалдықтарының жоғары мөлшерімен сипатталады және 10,6% құрайды, бұл дәстүрлі йогуртқа қарағанда 0,8%-ға көп. Құрғақ заттардың құрамын жоғарылату арқылы биогурт дәстүрлі йогуртқа қарағанда 0,6 Па*с жоғары тұтқырлықпен сипатталады. Сондай-ақ, биогурттың титрленетін қышқылдығы жоғары, оны дәрілік өсімдік сығындысында органикалық қышқылдардың болуымен түсіндіруге болады. Алайда, байытылған биогурттың жоғары титрленетін қышқылдығы мен тұтқырлығы дәстүрлі өніммен салыстырғанда өнімнің жаңа түрінің тұтынушылық қасиеттерін төмендетпейді.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Сапа көрсеткіштері бойынша жүргізілген зерттеулер негізінде дәрілік өсімдіктердің сығындысын қолдана отырып өндірілген био-гурт органолептикалық көрсеткіштер бойынша дәстүрлі йогуртпен салыстырғанда бүкіл массасы бойынша біртекті ашық кремді реңкпен ерекшеленеді. Қант сиропын қосу қалақайдың сәл ащы дәмі мен иісін тегістеді. Биоюгурт таза ашытылған сүтпен сипатталады, жағымды жалбыз дәмі мен иісі бар.

Биоюгуртқа қалың сығынды енгізу технологиясы жасалды. Дәрілік өсімдіктердің сығындысын қолдану арқылы өндірілген биоюгурт сапасының көрсеткіштері зерттелді. Дәрілік өсімдіктердің сығындысын енгізудің оңтайлы дозасы 6% екендігі анықталды. Биоюгурттың сақтау мерзімі дәрілік өсімдіктердің қалың сығындысын 4-тен 6%-ға дейін 24 сағатқа дейін, оның ішінде дайындаушы зауытта 4-6 °С температурада 12 сағаттан аспайтын дозада сақтау керек.

Сонымен қатар, биоюгурт құрамында дәстүрлі йогуртқа қарағанда СОМО 0,8% көп. Құрғақ заттардың құрамын жоғарылату арқылы биоюгурт дәстүрлі йогуртқа қарағанда тұтқырлығы 0,6 ПаС жоғары болады. Сондай-ақ, биогурттың титрленетін қышқылдығы жоғары, оны дәрілік өсімдік сығындысында органикалық қышқылдардың болуымен түсіндіруге болады. Алайда, байытылған биогурттың жоғары титрленетін қышқылдығы мен тұтқырлығы дәстүрлі өніммен салыстырғанда өнімнің жаңа түрінің тұтынушылық қасиеттерін төмендетпейді.

Қорытынды

Дәрілік өсімдіктердің сығындысы қосылған биогурттың рецептурасы мен технологиясын әзірлеу барысында қоспаның оңтайлы дозасы 6% құрайтыны анықталды. Бұл өнім біртекті консистенция, жағымды жалбыз дәмі мен иісі, сондай-ақ жақсы тұтқырлық пен титрленетін қышқылдық сияқты жақсартылған органолептикалық сипаттамаларға ие. Дәрілік өсімдіктердің сығындысы қосылған Биоюгурт өзінің пайдалы қасиеттерін 24 сағат бойы сақтайды, бұл ретте өндіріс сатысында оның сақтау мерзімі 4-6 °С температурада 12 сағаттан аспауға тиіс.

Биоюгурттың жаңа түрі сығындыда органикалық қышқылдардың болуына байланысты тұтқырлықтың жоғарылауы және титрленетін қышқылдық сияқты тағамдық және биологиялық сипаттамаларын жақсартады. Бұл өнім диетаны жақсартуға көмектесетін маңызды аминқышқылдары мен С витаминінің құнды көзі болып табылады.

Биоюгурттың жаңа түрі жоғары қауіпсіздік стандарттарына сәйкес келеді, улы элементтері жоқ және жақсы органолептикалық қасиеттерге ие, бұл оны жаппай өндіріс үшін перспективалы өнімге айналдырады.

Осылайша, зерттеулер йогурттарды байыту және тағамдық және биологиялық қасиеттері жақсартылған функционалды тағамның жаңа түрін жасау үшін дәрілік өсімдік сығындысын қолданудың тиімділігін растады.

Әдебиеттер тізімі

1. Immunomodulatory leads from medicinal plants / P.K. Mukherjee et al // Indian Journal of Traditional Knowledge. – 2014. – № 13(2). – P. 235-256.
2. Николаева О.Ю. Классификация лекарственных средств природного происхождения и травяных сборов для укрепления здоровья в фитотерапии / О.Ю. Николаева // Фармация Казахстана. – 2020. – № 9. – С. 36-40.
3. Экстракт из корней одуванчика как перспективное сырье в производстве пищевых продуктов / О.И. Сизая и др. // Технические науки и технологии. – 2018. – № 3(13). – С. 231-239.
4. Силантьева Л.А. Перспективы использования лекарственных трав при производстве молочных продуктов / Л.А. Силантьева, И.Б. Харитоновна // Материалы Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность и научное обеспечение развития отечественной индустрии конкурентоспособных пищевых ингредиентов. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 185-187.
5. Фитохимический состав растений *Thymus Serpyllum* L. и исследование антибактериальной активности / Н.А. Дузбаева и др. // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. – 2020. – № 1(130). – С. 68-75.
6. Vasilevskaya E.R. Comparative study of technologies for extraction of biologically active substances from the raw material of animal origin / E.R. Vasilevskaya, M.A. Aryuzina, E.S.Vetrova // Theory and practice of meat processing. – 2021. – vol. 6, № 3. – P. 226-235.
7. Obtaining and estimating the potential of protein nutraceuticals from highly mineralized collagen-containing beef raw materials / N.Y. Mezenova et al // Theory and practice of meat processing. – 2021. – Vol. 6, № 1. – P. 10-22.
8. Biologically active components of antlers extracts (*Cervus Nippon*) and red deer (*Cervus Elaphus*) peptide nature / V.N. Karkischenko et al // Journal Biomed. – 2019. – Vol. 15, № 2. – P. 12-23.
9. Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – A review / G. Difonzo et al // Journal of the science of food and agriculture. – 2021. – Vol. 101, № 1. – P. 15-26.
10. *Thymus Serpyllum* essential oil and its biological activity as a modern food preserver / L. Galovicova et al // Plants. – 2021. – № 10(7). – P. 1416.

References

1. Immunomodulatory leads from medicinal plants / P.K. Mukherjee et al // Indian Journal of Traditional Knowledge. – 2014. – № 13(2). – P. 235-256. (In English).
2. Nikolaeva O.YU. Klassifikatsiya lekartvennykh sredstv prirodnogo proiskhozhdeniya i travyanykh sborov dlya ukrepleniya zdorov'ya v fitoterapii / O.YU. Nikolaeva // Farmatsiya Kazakhstana. – 2020. – № 9. – S. 36-40. (In Russian).
3. Ekhstrakt iz kornei oduvanchika kak perspektivnoe syr'e v proizvodstve pishchevykh produktov / O.I. Sizaya i dr. // Tekhnicheskie nauki i tekhnologii. – 2018. – № 3(13). – S. 231-239. (In Russian).
4. Silant'eva L.A. Perspektivy ispol'zovaniya lekarstvennykh trav pri proizvodstve molochnykh produktov / L.A. Silant'eva, I.B. Kharitonova // Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Prodovol'stvennaya bezopasnost' i nauchnoe obespechenie razvitiya otechestvennoi industrii konkurentosposobnykh pishchevykh ingredientov. – Sankt-Peterburg, 2015. – S. 185-187. (In Russian).
5. Fitokhimicheskii sostav rastenii *Thymus Serpyllum* L. i issledovanie antibakterial'noi aktivnosti / N.A. Duzbaeva i dr. // Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva. – 2020. – № 1(130). – S. 68-75. (In Russian).
6. Vasilevskaya E.R. Comparative study of technologies for extraction of biologically active substances from the raw material of animal origin / E.R. Vasilevskaya, M.A. Aryuzina, E.S.Vetrova // Theory and practice of meat processing. – 2021. – vol. 6, № 3. – P. 226-235. (In English).
7. Obtaining and estimating the potential of protein nutraceuticals from highly mineralized collagen-containing beef raw materials / N.Y. Mezenova et al // Theory and practice of meat processing. – 2021. – Vol. 6, № 1. – P. 10-22. (In English).

8. Biologically active components of antlers extracts (Cervus Nippon) and red deer (Cervus Elaphus) peptide nature / V.N. Karkischenko et al // Journal Biomed. – 2019. – Vol. 15, № 2. – P. 12-23. (In English).
9. Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – A review / G. Difonzo et al // Journal of the science of food and agriculture. – 2021. – Vol. 101, № 1. – P. 15-26. (In English).
10. Thymus Serpyllum essential oil and its biological activity as a modern food preserver / L. Galovicova et al // Plants. – 2021. – № 10(7). – R. 1416. (In English).

А.Т. Қабденова*, Г.О. Мирашева, Ж.Х. Какимова, А.Е. Бепеева, Г.Н. Раимханова

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, город Семей, ул. Глинки 20А
*e-mail: ain_arik@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В научной статье сделан системный анализ актуальности разработки йогуртовой технологии с использованием биологически активных добавок из растительного сырья на основе теоретических исследований. На основе эмпирических исследований изучен состав лекарственных растений, произрастающих на территории Восточно-Казахстанской области, выбран состав лекарственных растений с оптимальным содержанием действующих веществ, изучено влияние экстракта лекарственных растений на показатели качества йогурта и разработана технология, рецептура йогурта функциональной направленности. Для проведения исследования использовались стандартные и обобщенные методы исследования химических, физико-химических, микробиологических и органолептических показателей молочного сырья, лекарственных растений, экстракта лекарственных растений и йогурта. Разработан метод получения густого экстракта для получения функционально ориентированного био йогурта. Для экспериментальной разработки технологии получения густого экстракта были установлены следующие режимы-температура экстракции 50-55 °С, продолжительность 5 часов, соотношение сырья и экстрагента 1:20, в качестве экстрагента был выбран 95% этиловый спирт. Разработана технология введения густого экстракта в йогурт. Исследованы показатели качества био йогурта, произведенного с использованием экстракта лекарственных растений. Оптимальная доза для введения экстракта лекарственных растений составляет 6%. Срок хранения био йогурта густой экстракт лекарственных растений следует хранить от 4 до 6% до 24 часов, в том числе не более 12 часов на заводе-изготовителе при температуре 4-6 °С.

Ключевые слова: био йогурт; лекарственные растения; биологически активная добавка; функциональные свойства; иммуностимулирующие свойства.

A. Kabdenova*, G. Mirasheva, ZH. Kakimova, A. Bepayeva, G. Raimkhanova

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinka street 20A,
*e-mail: ain_arik@mail.ru

IMPROVEMENT OF YOGURT TECHNOLOGY BASED ON BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES FROM VEGETABLE RAW MATERIALS

The scientific article provides a systematic analysis of the relevance of developing yogurt technology using biologically active additives from plant raw materials based on theoretical research. Based on empirical studies, the composition of medicinal plants growing in the East Kazakhstan region has been studied, the composition of medicinal plants with the optimal content of active substances has been selected, the effect of medicinal plant extract on yogurt quality indicators has been studied, and the technology and formulation of functional yogurt have been developed. To conduct the study, standard and generalized methods were used to study the chemical, physico-chemical, microbiological and organoleptic parameters of dairy raw materials, medicinal plants, medicinal plant extract and yogurt. A method for obtaining a thick extract has been developed to obtain a functionally oriented bio-yogurt. For the experimental development of the technology for obtaining a thick extract, the following modes were set-the extraction temperature was 50-55° C, the duration was 5 hours, the ratio of raw materials to extractant was 1:20, 95% ethyl alcohol was selected as the extractant. The technology of introducing a thick extract into the yogurt has been developed. The quality indicators of bio-yogurt produced using an extract of medicinal plants have been studied. The optimal dose for the

administration of medicinal plant extract is 6%. Bio-yogurt thick extract of medicinal plants should be stored from 4 to 6% for up to 24 hours, including no more than 12 hours at the factory at a temperature of 4-6°C.

Key words: bio-yogurt; medicinal plants; biologically active additive; functional properties; immunostimulating properties.

Сведения об авторах

Айнұр Төлеухановна Қабденова* – магистр биотехнологии; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Гульмира Оразбековна Мирашева – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: gulmira_mir@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4286-4563>.

Жайнагуль Хасеновна Какимова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Айгерим Ергалиевна Бепеева – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Гүлдана Нұрланқызы Раимханова – магистр технических наук; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: nurlankyzy_92@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0899-6781>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айнұр Төлеухановна Қабденова* – биотехнология магистрі; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Гульмира Оразбековна Мирашева – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: gulmira_mir@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4286-4563>.

Жайнагуль Хасеновна Какимова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Айгерим Ергалиевна Бепеева – PhD, «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Гүлдана Нұрланқызы Раимханова – техника ғылымдарының магистрі; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: nurlankyzy_92@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0899-6781>.

Information about the authors

Ainur Kabdenova* – Master of Biotechnology; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Gulmira Mirasheva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: gulmira_mir@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4286-4563>.

Zhaynagul Kakimova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Aigerim Bepeyeva – PhD, Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: bepeyeva1987@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0097-8466>.

Guldana Raimkhanova – Master of Technical Sciences; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: nurlankyzy_92@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0899-6781>.

Редакцияға енуі 07.02.2025

Өңдеуден кейін түсуі 20.02.2025

Жариялауға қабылданды 20.02.2025

А.К. Суйчинов¹, Э.К. Окусханова², Г.А. Капашева^{1*}, Г.Е. Жүзжасарова¹, С.Н. Туменов¹

¹Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты, Семей филиалы, 071410, Қазақстан Республикасы, Семей қ, Байтұрсынова 29 к-сі

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, 071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки к-сі 20 А

*e-mail: gena.89.89@mail.ru

СЕМЕЙ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ТАУЫҚ ПЕН ҮЙРЕК ЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ СУБӨНІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Аңдатпа: Бұл мақалада Семей қаласындағы тауық пен үйрек еттері және субөнімдерінің физико-химиялық көрсеткіштері мен нәтижелері көрсетілген. Алынған ұсақ тартылған тауық пен үйрек еттері және оның субөнімдерінің химиялық құрамын, ылғалды байланыстыру қабілетін, ортаның белсенді қышқылдылығы (рН) және кесу кернеуін анықтау стандартты әдістермен жүргізілді. Зерттеу барысында химиялық көрсеткіші бойынша ең жоғарғы майлылықты үйрек еті 38,6%, ал төменгі көрсеткішті 5,31% бауыр көрсетті. Ақуызына тоқталатын болсақ жоғарғы көрсеткішті үйректің субөнімі асқазан бұлшықеті 20,1%, ал төменгі көрсеткішке тауық асқазан бұлшықеті 1,3% ие болды. Ортаның белсенді қышқылдылығын (рН) анықтаған кезде, ең жоғарғы көрсеткішті үйрек асқазан бұлшықеті 6,71 болса, төменгі көрсеткішті үйрек етінде анықталды. Сынамаға алынған рН нәтижелері бойынша балғын еттің жарамдылығын көрсетті. Ал ылғалды байланыстыру қабілеті бойынша зерттеу нәтижесінде тауық еті мен үйрек еті және субөнімдерін салыстырғанда ең жоғарғы көрсеткішті үйрек еті 76,2 %, төмен көрсеткішті үйрек бауыры 17,4% ие болды. Тауық пен үйрек етінің кесу кернеуін анықтау кезіндегі ең жоғары көрсеткішті тауық еті 182,0 кПа сынама кәрсетсе, ең төменгі 154,2 кПа үйрек етінде байқалды. Тауық субөнімдер ішіндегі ең төменгі көрсеткіш бауырда 8,2 кПа анықталды.

Түйін сөздер: Құс еті, субөнімдер, физико-химиялық көрсеткіші, ылғалды байланыстыру қабілеті, кесу кернеуі.

Кіріспе

2024 жылдың қаңтар-қазан айлары үшін шаруа қожалықтарында сою көлемі немесе тірі салмақта мал мен құстың барлық түрлерін союға арналған сату көлемі 2023 жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда 3,7%-ға өсті [1]. Бұл өсім экономиканың аграрлық секторы дамуының оң динамикасын көрсетеді. Ет өндірісін ұлғайту халықты сапалы азық-түлік өнімдерімен қамтамасыз етуді жақсартуға, сондай-ақ елдің экспорттық әлеуетін нығайтуға ықпал етеді. Бұл өсімге ықпал ететін негізгі факторлардың бірі – ауыл шаруашылығы кәсіпорындарына мемлекеттік қолдау көрсету. Сонымен қатар, ауылшаруашылық жұмыстарын жүргізу үшін жағдайды жақсарту өнім көлемін арттыруда маңызды рөл атқарады. Құс етін тұтынудың артуы халықтың тағамдық талғамының өзгеруімен де түсіндіріледі [2].

Осылайша, қазіргі заманғы технологияларды біріктіру, мемлекеттік қолдау және тұтынушылардың талғамын өзгерту Қазақстандағы құс еті өндірісінің сенімді даму қарқынына ықпал етеді.

Еттің пайызы өскен сайын құс етінен алынатын сою өнімдерінің мөлшері де артады [3]. Құс етін сою кезінде құстың тірі салмағының 10-13%-ы терісі, бауыры, жүрегі, асқорту бұлшықеті және басқа да жанама өнімдер құрайды [4].

Бауыр, жүрек және асқорту бұлшықеті сияқты мүше еттерінің тағамдық құндылығы олардың жоғары ақуызы мен пайдалы майына қарамастан, жиі бағаланбайды. Бұл өнімдер пасталардан шұжықтарға дейінгі ет өнімдерінің алуан түрін жасауға негіз бола алады, бұл оларды тамақ өнеркәсібіндегі маңызды ресурсқа айналдырады. Қосалқы өнімдерді пайдалану қалдықтарды азайтып қана қоймайды, сонымен қатар құс шаруашылығы ресурстарын ұтымды пайдалануға ықпал етеді [5].

Сонымен қатар, бұл субөнімдер денсаулықты сақтау кезінде маңызды рөл атқаратын темір, А және В дәрумендері сияқты көптеген витаминдер мен минералдардың көзі бола алады. Субөнімдері бар тауарларды өңдеу және өндіру технологияларын енгізу ассортиментін кеңейтуге және неғұрлым әртүрлі және бай диетаға қызығушылық танытатын тұтынушылардың жаңа өнімдердің даму бағытын тартуға мүмкіндік береді.

Салауатты өмір салты мен саналы тұтынудың танымалдылығының артуы мұндай ет өнімдеріне сұранысты тудырады. Тұтынушылар тек дәмді ғана емес, сонымен қатар жоғары тағамдық құндылықты ұсынатын өнімдерді көбірек іздейді. Тағам дайындауда субөнімдерді пайдалану жай ғана дұрыс шешім емес, жаңа технологиямен өңдей отырып әр түрлі техниканы заманауи қолданып шеберлікпен қолдау [6].

Ақуыздар мен майларға қатысты бұл субөнімдердің тағамдық құндылығы майсыз етпен бірдей. Қосымша құнды ет өнімдерін өндіру үшін осы жанама өнімдерді тиімді пайдалану құс шаруашылығынан барынша пайда алудың бір жолы болып табылады [7].

Бұл жұмыстың мақсаты – тауық және үйрек еттері мен олардың субөнімдері (бауыр, жүрек, асқорту бұлшықеті) физико-химиялық құрамын, ылғал байланыстыру қабілетін және рН сутек иондарының концентрациясын, кесу кернеуін зерттеу. Абай облысының Семей қаласындағы тауық, үйрек еттері және оның субөнімдерін зерттей отырып, оны ары қарай ет өнімдеріне қосып, пайдалану болып табылады.

Зерттеу құралдары мен әдістері

Зерттеу объектілері: Зерттеу объектісі Семей қаласындағы құс етін қайта өңдеу кәсіпорындарының арнайы дүкендерінен сатып алынған I санаттағы жасы 15 апталық тауық еті және I санаттағы жасы 17 апталық үйрек еті мен субөнімдері (тауық және үйрек еті, жүрек, бауыр, асқорту бұлшықеті) зерттеуге алынды.

Ұсақталып тартылған тауық және үйрек еті мен субөнімдерді алу процесі

Бастапқы кезеңде тауық пен үйрек еті және субөнімдерін жуып, тазартылып, зерттеу жұмысына әзірленді. Өрі қарай олар ет тартқышта тартылды. Осы алынған үлгіні ылғал байланыстыру қабілеті мен рН сутек иондарының концентрациясын анықтауға пайланады. Ал кесу кернеуін зерттеу барысында дайын жуылған, бөлшектенбеген күйінде ет және субөнімдерін пайдаланды.

Физико-химиялық зерттеу әдістері

Жалпы химиялық құрамды анықтау сыналатын үлгінің бір бөлігінің әдісімен жүргізілді. Әдіс өнімнің бір үлгісіндегі ылғалды, майды, күлді және ақуызды, ет және сүт өнімдерінің ылғалдылығын және майлылығын жеделдетілген әдіспен анықтауға арналған құрылғыны пайдалана отырып, дәйекті түрде анықтаудан тұрады [8].

Ортаның белсенді қышқылдылығы (рН) потенциалометриялық әдіспен рН-метр-150МИ құрылғысы арқылы ерітіндіге екі электродты батыру және рН мәнін құрылғы шкаласына жазу арқылы анықталды. Ұсақталған өнім сумен (1:10 қатынасында) ерітінді (судың сүзіндісі) дайындалды. рН 20°С температурада 30 минуттан кейін өлшенді [9].

Еттің ылғал байланыстыру қабілетін анықтау. Байланысқан судың құрамы Р. Грау және Р. Хамм әдісімен анықталды. Әдіс зерттелетін үлгіні аздап басқан кезде суды шығаруға және оның мөлшерін сүзгі қағазында қалдырған дақ аймағының өлшеміне қарай анықтауға негізделген [10].

Кесу кернеуін анықтау

Сынаманы дайындау арнайы құрылғыда үлгілерді кесу арқылы жүзеге асады. Айналымы құбырлы пышаққа өнімнің бір бөлігін аздап басу арқылы үлгілер арнайы құрылғыда кесілді. Алынған диаметрі 0,01 м болатын тегіс цилиндрлік үлгі итергіш көмегімен алынды. Үлгілерді кесуге арналған арнайы құрылғы болмаған жағдайда, үлгіні қабырғалары 0,02X 0,02 м шаршы түрінде қолмен кесіп алды.

Дайындалған өнім үлгісі үстелге мұқият орналастырылды. Үлгіні кесуге қажетті күш құрылым дисплейінде жазылды. Содан кейін құрылғының жұмыс режимі жоғарыда сипатталғандай орнатылды. Содан кейін «Бастау» түймесін басу арқылы үлгіні кесетін кесу құралы қозғалысқа келтірілді. Өлшеу кезінде параметр мәндері экранда пайда болды және құрылғының жадында автоматты түрде жазылды. Осыдан кейін барлық өлшеу деректері компьютерде өңделеді. Бұл жағдайда кесу кернеуінің мөлшері өнімге әсер ететін күшті формула (1) бойынша өнімнің бетінен өтетін жолдың ауданына бөлу арқылы анықталды:

$$\theta_{cp} = \frac{P}{F}, \text{ Па}, \quad (1)$$

мұнда: P – кесу күші, Н;

F – кесу бетінің ауданы, м²: $F = \pi R^2$;

R – үлгінің радиусы, м.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында тауық және үйрек еттері және олардың субөнімдерінің (бауыр, жүрек, асқазан бұлшықеті) физико-химиялық құрамы, рН сутек иондарының концентрациясы, ылғал байланыстыру қабілеті және кесу кернеуі анықталып кестелерде, диаграммаларда көрсетілді.

Химиялық құрамын зерттеу

Бұл зерттеудің мақсаты тауық пен үйрек еттері және субөнімдерінің химиялық құрамын анықтау және салыстыру. Қазақстанның Абай обылысының Семей қаласындағы құс еттерін қайта өңдеу кәсіпорындарының арнайы дүкендерінен сатып алынған құс еті мен субөнімдерінің үлгілері (тауық және үйрек еті, жүрек, бауыр, асқорту бұлшықеті) зерттелінді.

1-2 кестеде салыстырмалы түрде зерттеу нәтижелері көрсетілген. Жоғары ылғалдылықты тауық етінің субөнімі бауыр 77,73% көрсетсе, ең төменгі көрсеткішті үйрек еті 46,1% ие болды. Үйрек етінің майлылығы ең жоғарғы 38,6%, ал төменгі көрсеткішті оның бауыры 5,31% көрсетті. Ақуызы жоғары тауық еті 19,2% болса, оның субөнімі асқазан бұлшықеті 1,3% төмен екендігі анықталды. Құстың бұлшықет тінінде май аз болады және тері арасындағы бос орындарда орналасады. Ал суда жүзетін құстардың майы көп болуы нәтижесін көрсетеді.

Кесте 1 – Тауық еті мен субөнімдерінің (жүрек, бауыр, асқазан бұлшықеті) химиялық құрамының нәтижелері, %

Шикізат	Ылғалдылығы	Майы	Күлі	Ақуыз
Еті	62,0±1,81	18,0±0,45	0,8±0,02	19,2±0,48
Жүрек	75,88±1,47	16,3±0,47	6,22±0,15	1,6±0,04
Бауыр	77,73±2,33	19,1±0,57	1,24±0,03	1,93±0,05
Асқазан бұлшықеті	75,54±2,19	18,59±0,48	4,57±0,12	1,3±0,03

Кесте 2 – Үйректің еті мен субөнімдерінің (жүрек, бауыр, асқазан бұлшықеті) химиялық құрамының нәтижелері, %

Шикізат	Ылғалдылығы	Майы	Күлі	Ақуыз
Еті	46,1±1,15	38,6±1,12	0,7±0,02	14,6±0,36
Жүрек	70,79±2,05	7,40±0,20	3,01±0,08	18,8±0,52
Бауыр	77,45±2,32	5,31±0,13	1,34±0,03	15,9±0,43
Асқазан бұлшықеті	64,63±1,74	11,74±0,33	3,53±0,09	20,1±0,58

Тауық және үйрек етінің ортаның белсенді қышқылдылығы (рН) әдісімен салыстырмалы түрде нәтижесі. Үйрек етіне қарағанда тауық еті 0,19 %-ға жоғары, ал үйрек субөнімінің жүрек көрсеткіші 0,2%-ға артық. Үйрек бауыры 0,14 %-ға тауық бауырынан көп болса, тауық асқазан бұлшық еті 0,36%-ға үйрек асқазан бұлшықетінен кем болды. 3-4 кестеде зерттелген үлгілердің рН нәтижелері бойынша балғын еттің жарамдылығын көрсетті, бұдан ет өнімдері мен субөнімдерін әрі қарай өндіру, өңдеу үшін пайдалануға болады.

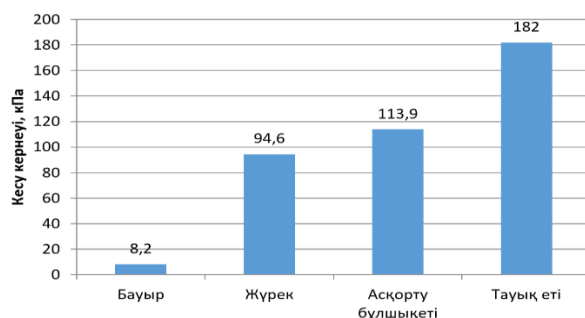
Кесте 3 – Тауық еті мен субөнімдерінің (жүрек, бауыр, асқазан бұлшықеті) сутегі иондарының концентрациясын анықтау

Көрсеткіші	Тауық еті	Жүрек	Бауыр	Асқазан бұлшықеті
рН	6,29±0,16	6,26±0,17	6,25±0,15	6,35±0,18
t, °C	23	22	23	22

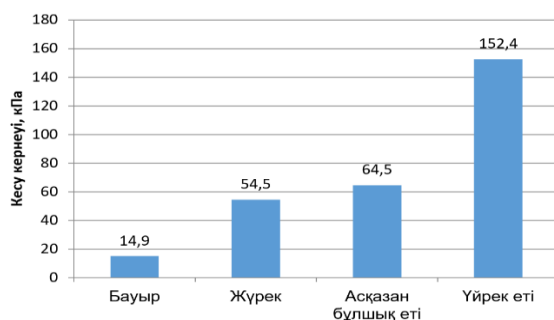
Кесте 4 – Үйрек еті мен субөнімдерінің (жүрек, бауыр, асқазан бұлшықеті) сутегі иондарының концентрациясын анықтау

Көрсеткіші	Үйрек еті	Жүрек	Бауыр	Асқазан бұлшықеті
рН	6,10±0,15	6,46±0,18	6,11±0,16	6,71±0,20
t, °C	27	24	26	25

Тауық еті мен оның субөнімдерінің кесу кернеу мәндері үйрек еті мен субөнімдерінің кесу кернеу мәндерінен әлдеқайда жоғары. Бұл айырмашылық ең алдымен тауық еті мен субөнімдерінің құрамы мен құрылымымен түсіндіріледі. Тауық еті мен субөнімдерінің дәнекер тіндері басым, бұл қаттылық пен серпімділік береді. (1 сурет).



Сурет 1 – Тауық еті мен субөнімдерінің кесу кернеуі

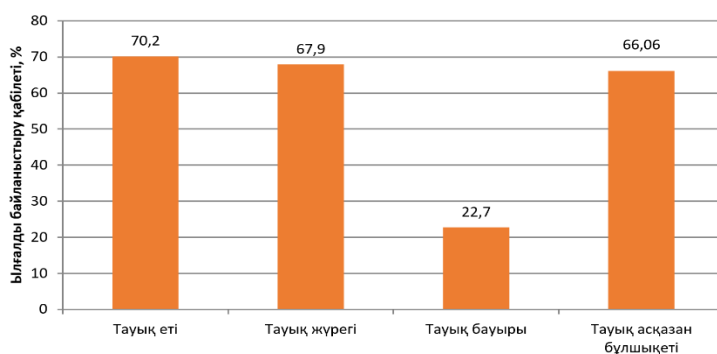


Сурет 2 – Үйрек еті мен субөнімдерінің кесу кернеуі

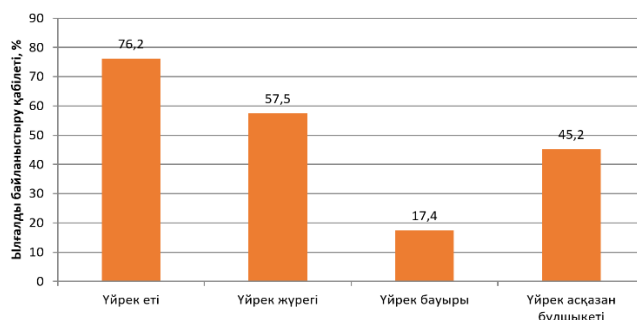
Үйрек еті мен субөнімдерінің кесу кернеу мәндері тауық еті мен оның субөнімдерінің кесу кернеу мәндерін салыстыру кезіндегі нәтижесі бойынша ең жоғарғы көрсеткішті тауық еті 182 кПа болса, ең төменгі тауық субөнімі бауыр 8,2 кПа болды. Ал енді екі өнімнің жүрек сынама көрсеткіші бойынша тауық жүрегі 94,6 кПа жоғарғы, үйрек жүрегі 54,5 кПа төмен. (2 – сурет).

Ылғалды байланыстыру қабілетін зерттеу

Ет өнімдерін өндіру бойынша ең маңызды көрсеткіштер ылғал байланыстыру қабілеті (ЫБҚ) болып табылады. Ылғалды байланыстыру қабілеті (ЫБҚ) сыртқы күштер әсер еткенде де ылғалды сіңіру және сақтау қабілетін сипаттайды [11]. Зерттелетін үлгілер нәтижелері 3 суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Тауық еті мен субөнімдерінің ылғалды байланыстыру қабілетінің көрсеткіштері



Сурет 4 - Үйрек еті мен субөнімдерінің ылғалды байланыстыру қабілетінің көрсеткіштері

Ылғалды байланыстыру қабілетінің зерттеу нәтижесі 4 – суретте көрсетілген. Ең жоғарғы көрсеткішті үйрек еті 76,2 % мен тауық еті 70,2 % көрсетсе, ең төменгіні үйрек бауыры 17,4% және тауық бауыры 22,7 % көрсетті. Тауық жүрегі 67,9 % мен үйрек жүрегі 57,5% салыстырғанда тауық жүрегі жоғары, ал үйрек асқазан бұлшықеті 45,2% кем тауық асқазан бұлшықетінен 66,06 %.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Тауықтың жүрегі мен бауыры – тағамдық тұрғыдан өте құнды өнімдер. Олар дәрумендерге, минералдарға және ақуызға бай, ал олардың энергетикалық құндылығы жоғары емес, бұл оларды диеталық тағам ретінде де пайдалануға мүмкіндік береді. Тауық жүрегінің құрамында В тобының дәрумендері (әсіресе В12), темір, магний, фосфор, калий және мырыш бар. Ақуыздың жоғары деңгейі бұлшықет пен ұлпалардың қалпына келуіне көмектеседі [12]. Адам ағзасының жүрек-қантaмыр жүйесінің жұмысын жақсартады. Иммуитетті күшейтеді және қан түзілуін жақсартады, анемияның алдын алуға және жүйке жүйесін қолдауға ықпал етеді. Тауық бауырында А, В12, В6 дәрумендері және фолий қышқылы, темір мен мыс секілді минералдарға өте бай. Ақуыз мөлшері жоғары, бірақ май деңгейі салыстырмалы түрде төмен. Сонымен қатар ағаға пайдасы қан гемоглобинін арттырады, анемияның алдын алады және көру қабілетін жақсартады, өйткені құрамында А дәрумені мол [13].

Үйрек еті денсаулыққа пайдалы тағам болып саналады, өйткені оның құрамында ақуыздар, майлар және ағаға қажет түрлі витаминдер В3, ақуызға, темірге, селенге [14] және минералдар сияқты әртүрлі қоректік заттар бар Оның құрамында темірдің құрамы басқа еттерге қарағанда төрт есе көп және А дәрумені 3-10 есе көп. Үйрек бауыры пайдалы майларға, сондай-ақ В12 витамині, А дәрумені, мыс және темір сияқты микроэлементтерге бай [15].

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде ең жоғарғы ылғалдылықты тауық бауыры 77,73%, ең төменгі ылғалдылықты үйрек еті 46,1% ие болды. Майлылығына тоқталатын болсақ, ең жоғарғы көрсеткіш үйректің еті 38,6% байқалса, төмен көрсеткішті 5,31 % үйректің бауырында байқалды. Тауық және үйрек еті мен субөнімдерінің сапалық және химиялық сипаттамалары әртүрлі екендігі анықталды. Үйрек асқазан бұлшықетінің орта белсенді қышқылдылығы рН=6,71 ең жоғарғы екендігі, ал ең төменгі көрсеткішті үйрек еті рН=6,10 екендігі байқалды. Сонымен қатар, ылғалды байланыстыру қабілеті және кесу кернеуі зерттелген көрсеткіштері бойынша нормаға сәйкестігін көрсетті.

Осы аталған барлық нәтиже деректері тауық және үйрек еттері мен субөнімдерінің химиялық құрамы оның санаттына, жасына, түріне, жынысына, климаттық жағдайына, азықтануына, майлылығына тікелей байланысты.

Қорытынды

Осылайша, ауыл шаруашылық құс субөнімдері жоғары тағамдық құндылыққа ие, олардан еттен жасалған өнімдерді өндіруде функционалды-технологиялық қасиеті мен алдын ала өңдеуде ақуызды шикізатты рационалды пайдалануға мүмкіндік береді. Маңызды ресурстар мен субөнімдердің өзіндік құнының төмендігі, сондай-ақ соңғы жылдары өндірілетін өнім ассортиментін үнемі жаңартып отыру және кеңейту үрдістері ерекше ет өнімдерін өндіруде пайдалану саласын кеңейтуге деген қызығушылықты арттырады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері тауық және үйрек субөнімдері дені сау құс өнімдерін алу үшін перспективалы шикізат болып табылатынын көрсетті, өйткені олар төмен энергетикалық құндылығымен, маңызды темірдің, А дәрумендерінің және кейбір минералдардың жоғары мөлшерімен сипатталады.

Әдебиеттер тізімі

1. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана: статист. сб. Агентства Республики Казахстана. Алматы, 2023, 2024. [Электрон. ресурс]. – 2024. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/publications/184826/> (дата обращения: 19.11.2024).
2. Какимов А.К. Проблемы переработки продуктов птицеводства. Интеграция образования, науки и производства / А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Б.К. Кабдылжар // Сборник материалов международной научно-практической конференции / Мелеуз, 2020. – С. 58-62.
3. Закипная Е.В. Технология птицепродуктов: учебное пособие / Е.В. Закипная. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет (ДальГАУ), 2015. – 12 с.

4. Какимов А.К. Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté / А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Б.К. Кабдылжар // *Foods*. – 2021. – Т.10, № 9. – Р. 2042.
5. Савельев А.С. Рациональное использование мясных субпродуктов в пищевой промышленности / А.С. Савельев, И.В. Петрова, Е.Н. Иванов // *Пищевые технологии*. – 2020. – № 4. – С. 45-50.
6. Смирнов В.Г. Пищевая ценность субпродуктов и их переработка / В.Г.Смирнов, Л.Н. Сидорова // *Мясная индустрия*. – 2018. – Т. – 12, № 2. – С. 28-33.
7. Smith J. Poultry By-products: Composition and Food Applications / J. Smith, K. Brown. – New York: Springer, 2018. – Р. 320.
8. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов – М.: Колос. – 2001. – 376 с.
9. СТ РК ИСО 2917-2009. Мясо и мясные продукты. Определение pH. Контрольный метод. – Введ. С 2010-07-01. – Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2010. – 16 с.
10. Пат. KZ28152 РК. Способ определения водосвязывающей способности пищевых продуктов. Б.Б. Кабулов, А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Н.К. Ибрагимов; опубл. 17.02.2014, бюл. № 2.
11. Barbut S. Measuring water holding capacity in poultry meat / S. Barbut // *Poultry Science*. – 2024. – Vol. 103, Issue 5. – Р. 103577.
12. Elshebrawy H. Antioxidant and Antibacterial Effect of Fruit Peel Powders in Chicken Patties / H. Elshebrawy // *Agricultural and Food Sciences*. – 2022. – № 11. – Р. 311.
13. Саттарова Б.Н. Химический состав и свойства куриного мяса / Б.Н. Саттарова, Л.А. Ибрагимов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн*. – 2021. – № 4(85). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11613> (дата обращения: 06.12.2024).
14. Adzitey F. Production potentials and the physicochemical composition of selected duck strains: a mini review / F. Adzitey // *Online Journal of Animal and Feed Research*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – Р. 89-94.
15. Harvey F.B. The Effectiveness of Turmeric Extract (*Curcuma longa*) to Increase The Shelf Life of Duck Meat / F.B. Harvey // *Social Economics and Ecology International Journal (SEEIJ)*. – 2023. – Vol. 6, № 2. – Р. 49-52.

References

1. Sel'skoe, lesnoe i rybnoe khozyaistvo Kazakhstana: statist. sb. Agentstva Respubliki Kazakhstana. Almaty, 2023, 2024. [Elektron. resurs]. – 2024. – URL:<https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/publications/184826/> (data obrashcheniya: 19.11.2024). (In Russian).
2. Kakimov A.K. Problemy pererabotki produktov ptitsevodstva. Integratsiya obrazovaniya, nauki i proizvodstva / A.K. Kakimov, ZH.S. Esimbekov, B.K. Kabdylzhar // *Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii / Meleuz*, 2020. – S. 58-62. (In Russian).
3. Zakipnaya E.V. Tekhnologiya ptitseproduktov: uchebnoe posobie / E.V. Zakipnaya. – Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet (Dal'GAU), 2015. – 12 s. (In Russian).
4. Kakimov A.K. Use of Meat-Bone Paste to Develop Calcium-Enriched Liver Pâté / A.K. Kakimov, ZH.S. Esimbekov, B.K. Kabdylzhar // *Foods*. – 2021. – Т.10, № 9. – Р. 2042. (In English).
5. Savel'ev A.S. Ratsional'noe ispol'zovanie myasnykh subproduktov v pishchevoi promyshlennosti / A.S. Savel'ev, I.V. Petrova, E.N. Ivanov // *Pishchevye tekhnologii*. – 2020. – № 4. – С. 45-50. (In Russian).
6. Smirnov V.G. Pishchevaya tsennost' subproduktov i ikh pererabotka / V.G.Smirnov, L.N. Sidorova // *Myasnaya industriya*. – 2018. – Т. – 12, № 2. – С. 28-33. (In Russian).
7. Smith J. Poultry By-products: Composition and Food Applications / J. Smith, K. Brown. – New York: Springer, 2018. – Р. 320. (In English).
8. Antipova L.V. Metody issledovaniya myasa i myasnykh produktov / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov – М.: Kolos. – 2001. – 376 s. (In Russian).
9. СТ РК ИСО 2917-2009. Мясо и мясные продукты. Определение RN. Контрольный метод. – Введ. С 2010-07-01. – Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2010. – 16 с. (In Russian).
10. Пат. KZ28152 РК. Способ определения водосвязывающей способности пищевых продуктов. Б.Б. Кабулов, А.К. Какимов, З.С. Есимбеков, Н.К. Ибрагимов; опубл. 17.02.2014, бюл. № 2. (In Russian).

11. Barbut S. Measuring water holding capacity in poultry meat / S. Barbut // Poultry Science. – 2024. – Vol. 103, Issue 5. – R. 103577. (In English).
12. Elshebrawy H. Antioxidant and Antibacterial Effect of Fruit Peel Powders in Chicken Patties / H. Elshebrawy // Agricultural and Food Sciences. – 2022. – № 11. – R. 311. (In English).
13. Sattarova B.N. Khimicheskii sostav i svoistva kurinogo myasa / B.N. Sattarova, L.A. Ibragimov // Universum: tekhnicheskie nauki: ehlektron. nauchn. zhurn. – 2021. – № 4(85). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11613> (data obrashcheniya: 06.12.2024). (In Russian).
14. Adzitey F. Production potentials and the physicochemical composition of selected duck strains: a mini review / F. Adzitey // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2012. – Vol. 2, № 1. – R. 89-94. (In English).
15. Harvey F.B. The Effectiveness of Turmeric Extract (*Curcuma longa*) to Increase The Shelf Life of Duck Meat / F.B. Harvey // Social Economics and Ecology International Journal (SEEIJ). – 2023. – Vol. 6, № 2. – R. 49-52. (In English).

Зерттеу ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен № BR24992938 ғылыми жобасы аясында орындалды.

А.К. Суйчинов¹, Э.К. Окусханова², Г.А. Капашева^{1*}, Г.Е. Жузжасарова¹, С.Н. Туменов¹

¹Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,

071410, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Байтурсынова 29

²Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, город Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: gena.89.89@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА КУРИЦЫ И УТКИ И ИХ СУБПРОДУКТОВ

В данной статье представлены физико-химические показатели мяса кур, уток и их субпродуктов. Определение химического состава, влагосвязывающей способности, активной кислотности (pH) среды и предельного напряжения сдвига проводились согласно стандартных методов. В ходе исследования по химическому показателю мясо утки показало самое высокое содержание жира – 38,6%, а самое низкое – печень – 5,31%. Что касается белка, то побочный продукт мышц утиного желудка имеет самый высокий показатель – 20,1%, а мышцы куриного желудка – самый низкий показатель – 1,3%. При определении активной кислотности (pH) среды наибольший показатель выявлен в мышцах желудка утки – 6,71, а наименьший показатель – в мясе утки. По результатам измерения pH проб была показана пригодность свежего мяса. Исследование на способность ВСС показало, что утиное мясо с самым высоким показателем по сравнению с куриным и утиным мясом и субпродуктами имело 76,2%, а утиная печень с самым низким показателем – 17,4%. Наибольшее значение для определения предельного напряжения сдвига мяса курицы и утки составляет 182,0 кПа, наименьшее значение 154,2 кПа наблюдалось в мясе утки. Среди куриных субпродуктов наименьшее значение обнаружено в печени – 8,2 кПа.

Ключевые слова: Мясо птицы, субпродукты, физико-химические показатели, влагосвязывающая способность, напряжение среза.

A.K. Suichinov¹, E.K. Okuskhanova², G.A. Kapasheva^{1*}, G.E. Zhuzhasarova¹, S.N. Tumenov¹

¹Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, (Semey branch),

071410, Republic of Kazakhstan, Semey, 29 Baitursynova str.

²Semey University named after Shakarim,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinki str. 20 A

*e-mail: gena.89.89@mail.ru

PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF CHICKEN AND DUCK MEAT AND THEIR BY-PRODUCTS

This article presents the physicochemical indicators of chicken, duck meat and their by-products. After that, the obtained meat products were minced again. The chemical composition, moisture binding capacity, active acidity (pH) of the environment and the ultimate shear stress (should not be present in minced meat) of the obtained finely minced poultry meat and its processed products were determined by standard methods. During the study, according to the chemical indicator, duck meat showed the highest fat content – 38,6%, and the lowest – liver – 5,31%. As for protein, the by-product of the duck stomach muscles has the highest indicator – 20,1%, and the chicken stomach muscles – the lowest indicator – 1,3%. When determining the active acidity

(pH) of the medium, the highest value was found in the muscles of the duck stomach – 6,71, and the lowest value – in duck meat. Based on the results of measuring the pH of the samples, the suitability of fresh meat was shown. The study on the ability of the WBC showed that duck meat with the highest value compared to chicken and duck meat and offal had 76,2%, and duck liver with the lowest value – 17,4%. The highest value for determining the ultimate shear stress of chicken and duck meat is 182,0 kPa, and the lowest value of 154.2 kPa was observed in duck meat. Among chicken by-products, the lowest value was found in the liver – 8,2 kPa.

Key words: Poultry meat, offal, physicochemical indicators, moisture binding capacity, shear stress.

Автор туралы ақпарат

Ануарбек Казисович Суйчинов – PhD; «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

Элеонора Құрметқызы Оқусханова – PhD; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕҚ, 071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинка көшесі, 20 А, аға оқытушы; e-mail: eokuskhanova@gmail.com. RCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Гүлдана Әділғазықызы Қапашева* – техника ғылымдарының магистрі; «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

Гүлнұр Еркінғазықызы Жүзжасарова – докторант; «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulnur900607@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5470-4345>.

Серік Ниязбекұлы Түменов – техника ғылымдарының докторы, профессор «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Сведения об авторах

Ануарбек Казисович Суйчинов – PhD; Семейский филиал ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

Элеонора Курметовна Оқусханова – PhD; НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; e-mail: eokuskhanova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Гүлдана Адильгазыевна Капашева* – магистр технических наук; Семейский филиал ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

Гүлнұр Еркінгазыевна Жүзжасарова – докторант; Семейский филиал ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: gulnur900607@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5470-4345>.

Серик Ниязбекович Түменов – доктор технических наук, профессор; Семейский филиал ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Information about the authors

Anuarbek Kazisovich Suychinov – PhD; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), Republic of Kazakhstan, e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

Eleonora Kurmetovna Okushanova – PhD; Semey University named after Shakarim, Republic of Kazakhstan, Semey city, senior lecturer; e-mail: eokuskhanova@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5139-9291>.

Guldana Adilgazieвна Kapasheva* Master of Technical Sciences; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), Republic of Kazakhstan; e-mail: gena.89.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0735-9783>.

Gulnur Yeringazieвна Zhuzzhasarova – PhD-doctoral student; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), Republic of Kazakhstan; e-mail: gulnur900607@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5470-4345>.

Serik Niyazbekovich Tumenov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Branch), Republic of Kazakhstan, e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Редакцияға енуі 09.01.2025

Өңдеуден кейін түсуі 24.01.2025

Жариялауға қабылданды 03.02.2025

Г.Х. Оспанкулова¹, М. Мұратхан², В. Ли³, А.М. Байкадамова², Е.Е. Еркеков^{1*}

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, 010000, Республика Казахстан, г. Астана, Женис, 62

²Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

³Северозападный университет сельского и лесного хозяйства 050040, Китайская Народная Республика, г. Янлин, пр. Тайчен, 3

*e-mail: yernazyermekov@outlook.com

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИЩЕВЫХ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПШЕНИЧНОГО КРАХМАЛА И PCL

Аннотация: Рост экологической осознанности и ужесточение регуляторных требований (например, директив ООН по устойчивому развитию) стимулируют переход от традиционных пластиков к биоразлагаемым аналогам. В пищевой промышленности такие материалы особенно востребованы для производства упаковочных пленок, которые должны сочетать функциональность, безопасность и способность к деградации в природных условиях. Современные тенденции в области разработки биоразлагаемой упаковки ориентированы на создание экологически безопасных материалов с высокой функциональностью и экономической эффективностью. Особый интерес представляют смеси поликапролактона (PCL) и крахмала, которые способны сочетать биоразлагаемость с необходимыми механическими и барьерными свойствами. В данной работе исследуется влияние состава крахмал-PCL-композиатов на их механические характеристики, а также предложена математическая модель для прогнозирования прочности пленок на основе различных параметров состава. Экспериментальные исследования включали приготовление гранул и пленок с использованием экструзии и последующее определение прочностных характеристик. Применение математического моделирования позволило выявить оптимальные составы пленок, обеспечивающие требуемый баланс прочности, гибкости и биоразлагаемости. Полученные результаты подтверждают перспективность использования смесей PCL и крахмала в качестве альтернативы традиционным пластиковым упаковочным материалам, а разработанная модель может быть полезна для дальнейшего совершенствования технологий производства биоразлагаемых пленок.

Ключевые слова: биоразлагаемая упаковка, поликапролактон, крахмал, композитные пленки, механические свойства, математическое моделирование.

Введение

Современные исследования в области биоразлагаемой упаковки фокусируются на разработке материалов, сочетающих экологичность, функциональность и экономическую целесообразность. Основное внимание уделяется полисахаридам (крахмал, целлюлоза, хитозан, альгинат), которые модифицируются химически, физически либо добавлением наночастиц или природными добавками для улучшения барьерных и механических свойств [1-4]. Особую значимость имеют крахмалы, благодаря их доступности, полной биоразлагаемости и способности формировать плёнки с заданными свойствами. Например, композиты содержащие крахмал демонстрируют снижение влагопоглощения и повышение прочности, что делает их перспективными для упаковки пищевых продуктов [1, 5]. Полиэферы, такие как полилактид (PLA), полигидроксиалканоаты (PHA) и поликапролактон (PCL), активно исследуются благодаря их биоразлагаемости. PCL, в частности, отличается высокой эластичностью и медленной деградацией, что расширяет его применение в упаковке [6, 7].

Рост экологической осознанности и ужесточение регуляторных требований (например, директив ООН по устойчивому развитию) стимулируют переход от традиционных пластиков к биоразлагаемым аналогам. В пищевой промышленности такие материалы особенно востребованы для производства упаковочных пленок, которые должны сочетать функциональность, безопасность и способность к деградации в природных условиях [8-11].

Среди ключевых биоразлагаемых полимеров выделяются поликапролактон (PCL), полилактид (PLA), полигидроксibuтират (PHB) и крахмалосодержащие композиты [12-16].

PCL – синтетический полиэфир, получаемый путем полимеризации ϵ -капролактона. Он отличается высокой эластичностью, низкой температурой плавления (60°C) и медленной скоростью разложения (2-4 года) [17]. Благодаря гибкости PCL часто комбинируют с хрупкими полимерами, такими как PLA, для улучшения механических свойств пленок. Исследования показывают, что пленки на основе PCL обеспечивают хорошую барьерную защиту от влаги, но ограничены в термостойкости [18]. В пищевой упаковке PCL используют в композитах для производства биоразлагаемых пакетов и покрытий [19].

Один из первых всплесков интереса к PCL произошел, когда было обнаружено, что материалы PCL могут быть полностью разложены бактериальными и грибковыми ферментами, что делает его особенно интересным при применении биоразлагаемых материалов. Помимо ожидаемой деградации эстеразами, имеется много доказательств того, что PCL подвержен ферментативной деградации липазами [20]. Однако цена PCL слишком высока для использования в качестве обычного пластика. Многие исследователи ожидают, что PCL/крахмал может понизить стоимость биопластика [21, 22]. Одна из основных проблем, количественное содержание крахмала в общем композите ниже 40 мас. %, все еще присутствует. Чтобы получить термопластичные биоразлагаемые пластмассы с низкой ценой, Sun и др. исследователи сначала изготовили этерифицированный крахмал с высоким DS на основе стеарилхлорида и нативного крахмала. Затем биопластик был приготовлен смешиванием в расплаве этерифицированного крахмала (80 мас. %) и PCL (20%). Во время смешивания в расплаве было обнаружено, что момент силы смеси PCL/этерифицированный крахмал был значительно ниже, чем у PCL/нативный крахмал без какого-либо пластификатора, и дополнительно уменьшался с увеличением DS. Композиты PCL/этерифицированный крахмал проявляли более высокую упругость при растяжении чем композиты PCL/нативный крахмал [23].

В исследованиях [23, 24] биоразлагаемые полиэфиры, такие как поли-капролактон (PCL), были функционализированы полярными группами, такими как эпоксид или ангидрид, способные положительно взаимодействовать с гидроксильными группами цепей крахмала, оказывая положительное влияние на совместимость полимера. Эти соединения, таким образом, действуют как связывающие агенты между обоими материалами, улучшая их совместимость из-за их амфифильной природы [25].

Дополнительные исследования смесей крахмала и поли(ϵ -капролактона) (PCL) необходимы для оптимизации их свойств и расширения их применения в упаковочной промышленности. Создание композитных пленок на основе этих материалов позволит объединить биоразлагаемость и механическую прочность, что особенно важно для разработки устойчивых альтернатив традиционным пластиковым упаковкам. Важным направлением исследований является не только экспериментальное изучение структурных и физико-механических характеристик данных материалов, но и разработка математических моделей, которые смогут предсказать их поведение при различных условиях эксплуатации. Такие модели позволят анализировать влияние состава, молекулярной массы компонентов, степени кристалличности и процессов модификации на механические и барьерные свойства получаемых пленок, что существенно ускорит процесс создания новых, более эффективных биоразлагаемых упаковочных материалов.

Методы исследования

Приготовление биоразлагаемых гранул и пленки, оптимизация состава

Планирование эксперимента и построения модели математического прогнозирования прочностных характеристик основана на полном факторном эксперименте (ПФЭ) 3^3 , что соответствует трем факторам, каждый из которых варьируется на трех уровнях. Выбор данной методики обоснован необходимостью количественной оценки влияния состава смеси на прочность на разрыв (МПа), что требует системного подхода к изменению независимых переменных и их математическому моделированию. Фактор X – содержание пшеничного А крахмала (%), фактор Y – содержание глицерина (%), фактор Z – содержание карбоната кальция (CaCO_3 , %) исследуется влияние этих трех факторов на выходную переменную – прочность на разрыв (МПа). Матрица эксперимента и трехфакторный план един для композиции с обоими типами крахмалов.

Экструзия крахмала состоит из трех этапов, желатинизации, плавления и По данным научно-технической литературы температурный профиль получения пленки из чистого поликапролактона на фазе формирования рукава должны быть не выше 100°C, таковой же она является для получения пленок на основе смеси поликапролактона и термопластичного крахмала [22]. В наших исследованиях температурными режимами экструзии избраны 70 °С /90 °С /100 °С /70 °С /60 °С, на основании температуры плавления основного сополимера PCL, для вытягивания начального рукава использовали полиэтилен постепенно замещая пеллеты LDPE опытными гранулами

Изучение деформационно-прочностных свойств пленок проводили по ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

Определение оптимальных составов получения гранул и пленки проводили вкупе с определением механических свойств получаемых пленок, так как именно механические свойства пленок играют ключевую роль в экономической и практической жизнеспособности гранул, а также пленок, полученных на их основе.

Для изучения влияния состава смеси на прочность использован трехфакторный план эксперимента (3³-план). Факторы и уровни их варьирования с кодированными значениями представлены в таблице 1. Фактор x – содержание пшеничного А или В крахмала (%); y – содержание глицерина (%); z – содержание карбоната кальция (CaCO₃, %) исследуется влияние этих трех факторов на выходную переменную – прочность на разрыв (МПа). Матрица эксперимента одина для композиции с обоими типами крахмалов

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы		Уровни вариации			Интервал вариации
Критерий	Кодировка	-1	0	+1	
Крахмал, %	X	20	40	60	20
Глицерин, %	Y	5	10	15	5
Карбонат кальция, %	Z	2	3,5	5	1,5

Полученные гранулы и пленки представлены на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 – Гранулы полученные из ацелированного А (слева) и В крахмала (справа)



Рисунок 2 – Выдувание пленки в пленочном экструдере

Результаты исследований

В таблице 2 приведена матрица эксперимента со всеми возможными сочетаниями факторов трехфакторного плана эксперимента в кодированном и натуральном значении и измеренными значениями прочности на разрыв по экспериментам с пшеничным крахмалом А.

Таблица 2 – Опытные составы композиционных смесей с пшеничным В крахмалом используемых для математического моделирования прочностно деформационных свойств в зависимости от состава смесей

№	Кодированные значения			Натуральные значения			Прочность на разрыв, МПа эмпирические данные
	x	y	z	Пшеничный В крахмал, %	Глицерин, %	CaCO ₃ , %	
1	1	1	1	60	15	5	28,5000±0,12
2	0	1	1	40	15	5	32,3000±0,10
3	-1	1	1	20	15	5	34,4000±0,14
4	1	0	1	60	10	5	25,0000±0,21
5	0	0	1	40	10	5	28,9500±0,12
6	-1	0	1	20	10	5	35,2000±0,33
7	1	-1	1	60	5	5	20,5000±0,34
8	0	-1	1	40	5	5	26,4500±0,68
9	-1	-1	1	20	5	5	32,7000±0,54
10	1	1	0	60	15	3,5	14,2500±0,11
11	0	1	0	40	15	3,5	18,2000±0,09
12	-1	1	0	20	15	3,5	24,4500±0,04
13	1	0	0	60	10	3,5	12,7500±0,15
14	0	0	0	40	10	3,5	16,7000±0,17
15	-1	0	0	20	10	3,5	22,9500±0,35
16	1	-1	0	60	5	3,5	10,2500±0,44
17	0	-1	0	40	5	3,5	14,2000±0,34
18	-1	-1	0	20	5	3,5	20,4500±0,06
19	1	1	-1	60	15	2	1,5000±0,09
20	0	1	-1	40	15	2	5,4500±0,15
21	-1	1	-1	20	15	2	11,7000±0,28
22	1	0	-1	60	10	2	1,2000±0,08
23	0	0	-1	40	10	2	3,9500±0,07
24	-1	0	-1	20	10	2	2,0000±0,10
25	1	-1	-1	60	5	2	2,2100±0,12
26	0	-1	-1	40	5	2	1,4500±0,15
27	-1	-1	-1	20	5	2	0,8800±0,03

$p < 0,05$; Среднее значение $\pm SD$ ($n = 3$).

Модель множественной линейной регрессии предсказывает зависимую переменную прочность на разрыв (МПа) на основе трех независимых переменных: содержание В-крахмала (%), содержание глицерина (%) и содержание CaCO₃ (%). Уравнение регрессии представлено в формуле 1.

$$\text{Прочность на разрыв} = 10,687e^{i\pi} + (-0,190 * x) + (0,463 * y) + (8,654 * z) \quad (1)$$

Где: e – число Эйлера; i – мнимая единица; π – Пи; x – содержание В крахмала; y – содержание глицерина; z – содержание CaCO₃

Модель построена на 27 наблюдениях. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,968$, что означает, что 96.8% изменчивости прочности на разрыв объясняется содержанием А-крахмала, глицерина и CaCO₃. Скорректированное R^2 равно 0.964, что свидетельствует о высокой надежности модели. Средняя ошибка оценки составляет 2.195, что указывает на небольшое среднее отклонение наблюдаемых значений от предсказанных. Оценка коэффициентов модели представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка коэффициентов модели

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-значение	P-значение	VIF
Константа	-10,687	1,943	-5,500	<0,001	-
Содержание А-крахмала (%)	-0,190	0,0259	-7,364	<0,001	1,000
Содержание глицерина (%)	0,463	0,103	4,474	<0,001	1,000
Содержание CaCO ₃ (%)	8,654	0,345	25,094	<0,001	1,000

Каждая независимая переменная оказывает статистически значимое влияние на прочность на разрыв, так как все р-значения < 0.001. В частности содержание А-крахмала (%)

оказывает отрицательное влияние (коэффициент – 0,190), что означает, что при увеличении содержания А-крахмала прочность уменьшается. Содержание глицерина (%) оказывает положительное влияние (коэффициент 0.463), но его влияние менее выражено по сравнению с CaCO₃. Содержание CaCO₃ (%) оказывает наиболее значительное положительное влияние (коэффициент 8.654), что указывает на его ключевую роль в повышении прочности. Все коэффициенты имеют VIF = 1.000, что подтверждает отсутствие мультиколлинеарности среди предикторов.

Таблица 4 – Дисперсионный анализ (ANOVA)

Источник вариации	Степени свободы (DF)	Сумма квадратов (SS)	Средний квадрат (MS)	F-значение	P-значение
Регрессия	3	3390,800	1130,267	234,656	<0,001
Остатки	23	110,784	4,817	-	-
Всего	26	3501,584	134,676	-	-

Результаты дисперсионного анализа представленные в таблице 4 подтверждают, что регрессионная модель статистически значима ($F = 234,656$, $P < 0,001$), что означает, что независимые переменные в совокупности объясняют значительную долю изменчивости прочности на разрыв.

Остатки модели нормально распределены ($P = 0.109$), что подтверждает корректность допущений линейной регрессии. Тест на гомоскедастичность ($P = 0.787$) подтверждает, что остаточная дисперсия постоянна.

Обсуждение научных результатов

Предложенная модель множественной линейной регрессии является высокоточной и статистически значимой для предсказания прочности на разрыв (МПа) на основе содержания А-крахмала, глицерина и CaCO₃. Тесты на нормальность и гомоскедастичность пройдены, что подтверждает корректность модели.

Оптимальный состав смеси, обеспечивающий прочность в диапазоне от 15 до 30 соответствующему прочности LDPE и HDPE, содержание карбоната кальция составляет 5%, а глицерина около 10%. Такой состав позволяет достичь высокой прочности за счет максимального влияния CaCO₃ и стабильного уровня глицерина, который обеспечивает улучшенную пластичность и механическую стойкость пленки.

С этими фиксированными параметрами математическая модель вписана в уравнение Лоренца для получения контурных графиков пар влияния пар влияния А крахмал – глицерин, карбонат – А крахмал которые представлены на рисунках 3, 4.

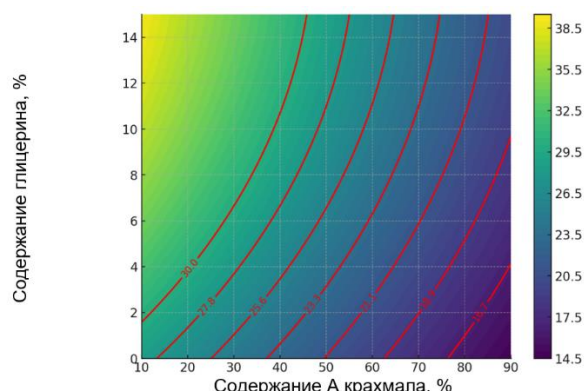


Рисунок 3 – Контурный график влияния пары глицерин – пшеничный А крахмал на прочность на разрыв получаемых пленок

Оптимальными композициями по прочностным характеристикам и предсказаниям модели отобраны: 50% PCL+50% ацелированный А-крахмал (), 60% PCL+40% ацелированный А-крахмал, 70% PCL+30% ацелированный А-крахмал, во все образцы вносятся 10% глицерина, 5% CaCO₃ к сухой массе крахмала.

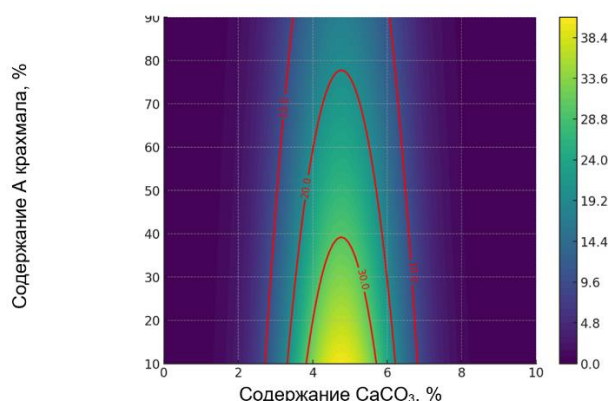


Рисунок 7 – Контурный график влияния пары глицерин - пшеничный А крахмал на прочность на разрыв получаемых пленок

Для подтверждения математической модели проведен подтверждающий эксперимент для сравнения предсказательной способности модели и эмпирических наблюдений. Данные подтверждающего эксперимента представлены в таблице 5. Данные подтверждающего эксперимента подтверждают состоятельность модели и ее предсказательные функции.

Таблица 5 – Данные подтверждающего эксперимента

№	А Крахмал (%)	Глицерин (%)	CaCO ₃ (%)	Фактическое значение (МПа)	Остаток регрессии (МПа)	Прогноз модели (МПа)
1	30	10	5	30,02±0.13	1,577	31,597
2	40	10	5	28,95±0.12	0,677	29,627
3	50	10	5	25,14±0.22	2,517	27,657

$p < 0,05$; Среднее значение \pm SD ($n = 3$).

Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что смеси крахмала и поликапролактона (PCL) обладают высоким потенциалом в качестве биоразлагаемых упаковочных материалов. Оптимизация состава композитов на основе крахмала и PCL позволила достичь значительного улучшения механических свойств пленок, включая повышение прочности и снижение влагопоглощения. Экспериментально подтверждено, что добавление глицерина и карбоната кальция способствует улучшению пластичности и механической стойкости полученных материалов. Разработанная математическая модель адекватно описывает поведение пленок при различных сочетаниях компонентов, что делает возможным целенаправленное проектирование композитов с заданными характеристиками. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение области применения полученных материалов, а также на совершенствование их технологии переработки с целью повышения экономической целесообразности производства. Использование таких биоразлагаемых пленок может стать важным шагом в снижении экологической нагрузки и переходе к более устойчивым упаковочным решениям.

Список литературы

- Bangar S.P. Nano-cellulose reinforced starch bio composite films-A review on green composites / S.P. Bangar, W.S. Whiteside // International journal of biological macromolecules. – 2021. – Т. 185. – P. 849-860.
- Agar-Agar and Chitosan as Precursors in the Synthesis of Functional Film for Foods: A Review / C.R. Contessa et al // Macromol. – 2023. – Т. 3, № 2. – P. 275-289.
- Extending the Postharvest Shelf Life of Strawberries Through a κ -Carrageenan/Starch-Based Coating Enriched with Zinc Oxide Nanoparticles / A.R. da Silva Bruni et al // ACS Food Science & Technology. – 2024. – Т. 4, № 12. – P. 2967-2979.
- Agricultural waste-derived cellulose nanocrystals for sustainable active food packaging applications / T. Ghosh et al // Food Hydrocolloids. – 2024. – P. 110141.

5. Recent advances in starch–clay nanocomposites / G. Madhumitha et al // *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. – 2018. – T. 23, № 4. – P. 331-345.
6. Utilization of lignin fractions in UV resistant lignin-PLA biocomposites via lignin-lactide grafting / S.Y. Park et al // *International journal of biological macromolecules*. – 2019. – T. 138. – P. 1029-1034.
7. Di Lorenzo M.L. Poly (l-lactic acid)/poly (butylene succinate) biobased biodegradable blends / M.L. Di Lorenzo // *Polymer Reviews*. – 2021. – T. 61, № 3. – P. 457-492.
8. Gupta V.M. A Comprehensive Review of Biodegradable Polymer-Based Films and Coatings and Their Food Packaging Applications / V.M. Gupta, D. Biswas, S. Roy // *Materials*. – 2022. – T. 15.
9. Rocha M. Biodegradable Films / M. Rocha, M.M. de Souza, C. Prentice // *An Alternative Food Packaging*. – 2018. – P. 307-342.
10. Calva-Estrada S.J. Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging / S.J. Calva-Estrada, M. Jiménez-Fernández, E. Lugo-Cervantes // *Food Engineering Reviews*. – 2019. – T. 11. – P. 78-92.
11. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review / P. Cazón et al // *Food Hydrocolloids*. – 2017. – T. 68. – P. 136-148.
12. Ramos M. Property Improvement of Polybutylene Succinate (PBS), Polyhydroxybutyrate (PHB), and Polylactic Acid (PLA) Films with PCL (Polycaprolactone) for Flexible Packaging Application / M. Ramos, S. Govindan, A. Al-Jumaily // *Materials Science Forum*. – 2023. – T. 1087. – P. 41-50.
13. Sydow Z. The overview on the use of natural fibers reinforced composites for food packaging / Z. Sydow, K. Bieńczyk // *Journal of Natural Fibers*. – 2019. – T. 16. – P. 1189-1200.
14. Environment-Friendly Biopolymers for Food Packaging / S.P.S. Aung et al // *Protein, and Polylactic Acid (PLA)*. – 2018.
15. Development of Bio-Composites with Enhanced Antioxidant Activity Based on Poly(lactic acid) with Thymol, Carvacrol, Limonene, or Cinnamaldehyde for Active Food Packaging / M. Siddiqui et al // *Polymers*. – 2021. – T. 13.
16. (Bio)degradable polymers as a potential material for food packaging: studies on the (bio)degradation process of PLA/(R,S)-PHB rigid foils under industrial composting conditions / M. Musioł et al // *European Food Research and Technology*. – 2016. – T. 242. – P. 815-823.
17. Woodruff M.A. The return of a forgotten polymer—Polycaprolactone in the 21st century / M.A. Woodruff, D.W. Huttmacher // *Progress in polymer science*. – 2010. – T. 35, № 10. – P. 1217-1256.
18. Silvestre C. Food packaging based on polymer nanomaterials / C. Silvestre, D. Duraccio, S. Cimmino // *Progress in polymer science*. – 2011. – T. 36, № 12. – P. 1766-1782.
19. Gutiérrez T.J. In-depth study from gluten/PCL-based food packaging films obtained under reactive extrusion conditions using chrome octanoate as a potential food grade catalyst / T.J. Gutiérrez, J.R. Mendieta, R. Ortega-Toro // *Food Hydrocolloids*. – 2021. – T. 111. – P. 106255.
20. Enzymatic chain scission kinetics of poly (ϵ -caprolactone) monolayers / A. Kulkarni et al // *Langmuir*. – 2007. – T. 23, № 24. – P. 12202-12207.
21. Processing and characterization of LDPE/starch/PCL blends / P. Matzinos et al // *European Polymer Journal*. – 2002. – T. 38, № 9. – P. 1713-1720.
22. Processing and characterization of starch/polycaprolactone products / P. Matzinos et al // *Polymer Degradation and Stability*. – 2002. – T. 77, № 1. – P. 17-24.
23. Preparation and properties of thermoplastic poly (caprolactone) composites containing high amount of esterified starch without plasticizer / Y. Sun et al // *Carbohydrate polymers*. – 2016. – T. 139. – P. 28-34.
24. Synthesis and Characterization of Functionalized Crosslinkable Poly (ϵ -caprolactone) / P. Laurienzo et al // *Macromolecular Chemistry and Physics*. – 2006. – T. 207, № 20. – P. 1861-1869.
25. Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations and reality / B. Imre et al // *Carbohydrate Polymers*. – 2019. – T. 209. – P. 20-37.
26. Properties of starch after extrusion: A review / J. Ye et al // *Starch-Stärke*. – 2018. – T. 70, № 11-12. – P. 1700110.
27. Toughening PLA composites with natural fibers and enR / A. Shakoor et al // *SPE Automotive Composites Conference & Exhibition at Troy, Michigan, USA from 11th to 13th September*. – 2012.
28. The effect of temperature and pressure on polycaprolactone morphology / C. Baptista et al // *Polymer*. – 2020. – T. 191. – P. 122227.

Информация о финансировании

Данное исследование было профинансировано Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан BR22883587 «Совершенствование и разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для укрепления продовольственной безопасности РК».

Г.Х. Оспанкулова¹, М. Мұратхан², В. Ли³, А.М. Байкадамова², Е.Е. Ермеков^{1*}

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А

³Солтүстік-Батыс ауыл және орман шаруашылығы университеті,
050040, Қытай Халық Республикасы, Янлин қаласы, Тайчен даңғылы, 3
e-mail: yernazyermekov@outlook.com

БИДАЙ КРАХМАЛЫ МЕН PCL НЕГІЗІНДЕГІ ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ БИОЫДЫРАЙТЫН ПЛЕНКАЛАРЫНЫҢ БЕРІКТІК СИПАТТАМАЛАРЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕУ

Экологиялық сананың өсуі және реттеуші талаптардың (мысалы, БҰҰ-ның тұрақты даму жөніндегі директивалары) қатаңдатылуы дәстүрлі пластмассалардан биоыдырайтын баламаларға көшуді ынталандырады. Азық-түлік өнеркәсібінде мұндай материалдар, әсіресе, функционалдылықты, қауіпсіздікті және табиғи ортада ыдырау қабілетін біріктіретін орауыш қабықшаларды өндіру үшін аса қажет. Биоыдырайтын орауыштарды әзірлеу саласындағы қазіргі заманғы үрдістер экологиялық қауіпсіз, жоғары функционалды және экономикалық тұрғыдан тиімді материалдарды жасауға бағытталған. Айрықша қызығушылық поликапролактон (PCL) мен крахмал қоспаларына аударылады, себебі олар биоыдырау қабілетін қажетті механикалық және тосқауылдық қасиеттермен үйлестіруге мүмкіндік береді. Осы зерттеуде крахмал-PCL композиттерінің құрамының олардың механикалық қасиеттеріне әсері қарастырылады, сондай-ақ беріктікке әртүрлі құрам параметрлерінің әсерін болжау үшін математикалық модель ұсынылады. Эксперименттік зерттеулер экструзия әдісімен түйіршіктер мен қабықшаларды дайындауды және олардың беріктік сипаттамаларын анықтауды қамтыды. Математикалық модельдеуді қолдану арқылы беріктіктің, икемділіктің және биоыдыраудың қажетті теңгерімін қамтамасыз ететін қабықшалардың оңтайлы құрамдары анықталды. Алынған нәтижелер PCL мен крахмал қоспаларын дәстүрлі пластикалық орауыш материалдарға балама ретінде пайдалану мүмкіндігін растайды, ал әзірленген модель биоыдырайтын қабықшаларды өндіру технологияларын одан әрі жетілдіруге пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: биоыдырайтын орау, поликапролактон, крахмал, композициялық пленкалар, механикалық қасиеттер, математикалық модельдеу.

G.Kh. Ospankulova¹, M. Murtkhan², W. Li³, A.M. Baikadamova², Y.Y. Yermekov^{1*}

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Avenue, 62

²Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinki Street, 20A

³Northwest A&F University,
050040, People's Republic of China, Yangling, Taichen Road, 3
*e-mail: yernazyermekov@outlook.com

MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF FOOD BIODEGRADABLE FILMS BASED ON WHEAT STARCH AND PCL

The rise in environmental awareness and the tightening of regulatory requirements (e.g., UN directives on sustainable development) are driving the transition from traditional plastics to biodegradable alternatives. In the food industry, such materials are particularly in demand for the production of packaging films that must combine functionality, safety, and the ability to degrade in natural conditions. Modern trends in the development of biodegradable packaging focus on creating environmentally safe materials with high functionality and economic efficiency. Of particular interest are blends of polycaprolactone (PCL) and starch, which can combine biodegradability with the necessary mechanical and barrier properties. This study examines the effect of the composition of starch-PCL composites on their mechanical properties and proposes a mathematical model for predicting film strength based on various compositional parameters. Experimental studies included the preparation of granules and films using extrusion and subsequent determination of strength characteristics. The application of mathematical modeling made it possible to identify optimal film

compositions that ensure the required balance of strength, flexibility, and biodegradability. The results obtained confirm the feasibility of using PCL and starch blends as an alternative to traditional plastic packaging materials, while the developed model may be useful for further improving biodegradable film production technologies.

Key words: biodegradable packaging, polycaprolactone, starch, composite films, mechanical properties, mathematical modeling.

Сведения об авторах

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Марат Мұратхан – докторант кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Венхао Ли – PhD, и.о. ассоциированного профессора факультета пищевой технологии и инженерии Северозападного университета сельского и лесного хозяйства, КНР, e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Асемгуль Мадениетовна Байкадамова – PhD, руководитель центра организации научных исследований, Университет имени Шакарима города Семей; e-mail: a.baikadamova@shakarim.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0062-6997>.

Ерназ Ермекович Ермеков* – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Авторлар туралы мәліметтер

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Марат Мұратхан – Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторанты; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Венхао Ли – PhD, Қытайдың Солтүстік-Батыс ауыл және орман шаруашылығы университетінің тамақ технологиясы және инженерия факультетінің қауымдастырылған профессор м.а.; e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Асемгуль Мадениетовна Байкадамова – PhD, Ғылыми зерттеулерді ұйымдастыру орталығының жетекшісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: a.baikadamova@shakarim.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0062-6997>.

Ерназ Ермекович Ермеков* – докторант, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Author Information

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer at the Department of «Food and Processing Technologies», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Marat Muratkhan – Doctoral student at the Department of «Food Technology», Shakarim University; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Wenhao Li – PhD, Acting Associate Professor at the Faculty of Food Technology and Engineering, Northwest A&F University, PR China; e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Asemgul Madenietovna Baikadamova – PhD, Head of the Research Organization Center, Shakarim University; e-mail: a.baikadamova@shakarim.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0062-6997>.

Yernaz Yermekovich Yermekov* – Doctoral student at the Department of «Food and Processing Technologies», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Поступила в редакцию 14.02.2025
Поступила после доработки 27.02.2025
Принята к публикации 04.03.2025

Zh.S. Nabiyeva, E.K. Assembayeva*, Yu.G. Pronina, A.I. Samadun, A.A. Kulaipbekova
Almaty Technological University
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, Tole Bi street 100
*e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru

ASSESSMENT OF QUALITY AND FOOD SAFETY OF LOCAL PLANT RAW MATERIALS FOR ENRICHMENT OF CONFECTIONERY PRODUCTS

Abstract: *The development of functional confectionery products enriched with plant biologically active substances is an important and urgent task for the food industry.*

The presented in the article data on the quality and food safety of wild berry raw materials confirm their potential for use in functional products as a source of organic compounds of various types with a variety of physiological effects. According to the information on the possibility of raw material procurement on the territory of Ile-Alatau State National Natural Park, the optimal variant is the use of local fruit and berry raw materials. This will not only expand the raw material base, but also reduce transportation costs, which will lead to a reduction in the cost of production.

The main objective of the study is to assess the quality and safety of fruits, stems and leaves of plants growing in Ile-Alatau State National Natural Park for their further use in the food industry.

The researched local plant raw materials (sea buckthorn, hawthorn, rosehip) according to the quality and safety indicators meet the established regulatory requirements for raw materials. Based on the quality and safety of local plant raw materials allows us to recommend it for use as a raw material for enrichment of confectionery products. The use of berries contributes not only to the increase in the content of BAS, but also allows to minimize or completely eliminate synthetic dyes and flavoring additives from confectionery products.

Key words: *BAS, food safety, hawthorn (*Crataegus almaatensis*), sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), rosehip (*Rosa canina L.*), fruits, leaves, stem.*

Introduction

Human health depends largely on the quality of consumed products. Scientific research and practical experience confirm that to meet the needs of the human body in essential nutrients it is impossible to do without the use of biologically active substances of plant origin. Wild plants, both food and medicinal, can be an important source of vitamins and macro- and microelements. It is known that fruits of such plants contain a variety of biologically active substances, including antioxidant vitamins, minerals, polyphenols, carotenoids, organic acids, sugars, dietary fibers, including pectin, as well as other components that are necessary for daily cell synthesis and normalization of metabolic processes, as well as for many other functions of the body [1-4]. The use of phyto-additives allows not only to increase the level of BAS content, but also to minimize or completely exclude synthetic dyes and flavoring substances from the recipe of jelly candies.

In this regard, special attention is paid to the deep study and further utilization of plant raw materials with nutritional value in various sectors of economic activity. The development and production of functional food products based on wild berries of local plant raw materials is an important area for nutrition optimization and one of the key areas of research contributing to the innovative development of the region.

Sea buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides L.*) contain proteins, lipids, carbohydrates, vitamins (C and E), phenolic compounds, carotenoids, flavonoids, minerals and volatile substances, while possessing numerous health benefits [5].

Sea buckthorn berries, leaves and bark contain many bioactive substances that are valued for their nutritional and health-promoting properties. The juice from the berries is rich in solids and has a high vitamin C and carotenoid content. The pulp remaining after juice squeezing can be used to extract pigments that can serve as food coloring agents. The seed oil, consisting mainly of unsaturated fatty acids, is used for medicinal and cosmetic purposes. Sea buckthorn leaves, which contain many nutrients, macro and microelements, are occasionally used to prepare an infusion that can be consumed as a tea [6,7].

The importance of sea buckthorn is often attributed to its high antioxidant content. In addition, many positive biological, physiological and therapeutic effects of this plant have been described in detail. They include antioxidant and immunomodulatory, cardioprotective and antiatherogenic, antibacterial and antiviral actions, as well as healing effects on acute and chronic wounds, anti-radiation, anti-inflammatory, anti-diabetic, anti-carcinogenic, hepatoprotective and dermatologic actions. These properties make sea buckthorn berries, seeds and leaves widely used for both nutraceutical and medicinal purposes [6, 8].

The hawthorn is rich in carbohydrates, organic acids, vitamins and minerals, and contains more than 150 phenolic compounds, including procyanidins, flavonoids and triterpenoid acid. To this day, many beneficial properties of hawthorn have been proven, such as prevention of hypertension, angina pectoris, heart failure, arrhythmia, myocarditis, atherosclerosis, insomnia, diarrhea, urinary retention and some intestinal disorders [9,10].

Rosehip is rich in carbohydrates, phenols, flavonoids, tocopherols, terpenes, carotenoids, fatty acids, galactolipids, vitamins, minerals and tannins. About 129 chemical compounds have been isolated and identified from rosehip. This rich phytochemical composition gives rosehip a number of pharmacological properties including anti-inflammatory, antioxidant, anticancer, immunomodulatory, cardioprotective, anti-cancer, anti-diabetic, neuroprotective and antibacterial activities. In particular, rosehip powder and extract have been reported to have therapeutic effects in arthritis [11, 12].

The development of functional confectionery products enriched with plant biologically active substances is an important and urgent task for the food industry. The use of plant raw materials or their components in production technologies will allow not only to diversify the range of products, but also to enrich them with useful biologically active substances.

The main purpose of the study is to assess the quality and safety of fruits, stems and leaves of plants growing in Ile-Alatau State National Natural Park for their further use in the food industry.

Object and methods of research

The objects of our research were fruits, stems and leaves of wild crops - rosehip, sea buckthorn and hawthorn, collected in the summer of 2024 from the mountainous area of Ile-Alatau State National Natural Park.

The objects of our research were fruits, stems and leaves of wild crops - rosehip, sea buckthorn and hawthorn, collected in the summer of 2024 from the mountainous area of Ile-Alatau State National Natural Park. These plants are widely spread in the park and are popular due to their active use in folk medicine. The flora of the natural park includes more than 1000 plant species, most of which belong to the flora of the forest mid-mountain belt.



A



B



C

Picture 1 – Berries growing in Ile-Alatau State National Natural Park national natural park

A – Hawthorn (*Crataegus almaatensis*); B – Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.); C – Rosehip (*Rosa canina* L.)

Acceptance of wild berries was carried out in accordance with GOST 24027.0-80 [13]. At the first stage, we carried out an external inspection of raw materials to determine their homogeneity by the method of preparation (whole, chopped, pressed), as well as by colour, odour and degree of contamination. We also checked the presence of mould, rot, persistent foreign odour, which does not disappear with ventilation, as well as contamination with poisonous plants and foreign impurities such as stones, glass and droppings of rodents and birds. At the same time, the presence of barn pests was checked using a magnifying glass with a magnification of 5-10x and the naked eye.

The following normative-technical documentation was used to conduct studies of the quality of plant raw materials: GOST 3852-93 «Hawthorn fruits»; GOST 1994-93 «Rosehip fruits»; GOST R 59661-2021 «Sea buckthorn fresh» [14-16].

The content of toxic elements was analysed using the atomic absorption spectrometer «KVANT-Z. ETA», developed and produced by KORTEK LLC. To ensure high accuracy and reproducibility of the results, standard samples and certified methods were used, meeting the requirements of regulatory documents.

Determination of the content of toxic elements was carried out in strict compliance with the national standards: GOST 26927-86, GOST R 51766-2001 and GOST 30178-96 [17-19].

Determination of pesticides hexachlorocyclohexane (HCCH: α -, β -, γ -isomers) and DDT, as well as its metabolites was carried out by chromatographic method using gas chromatograph «Kristallux-4000M», developed and produced by «NPF Meta-chrom» LLC.

The analysis was performed in accordance with the requirements of regulatory documents, including the standard ST RK 2011-2010 [20].

The content of heptachlor and aldrin was determined using the methodology regulated by GOST 30349-96 «Fruits, vegetables and their products Methods of determination of residues of organochlorine pesticides». This standard provides for the use of gas chromatography in combination with highly sensitive detectors, which allows qualitative and quantitative determination of pesticides, including heptachlor and aldrin, in various food products [21].

Studies on the safety of local plant raw materials were conducted at the Research Institute of Food Safety of Almaty Technological University.

Research results and discussion

In Kazakhstan there are no enterprises and organizations engaged in collection and complex processing of wild berries. Complex processing of wild berries will provide an opportunity to effectively use its own raw material base of the republic, to expand the range of food products, to produce products with increased biological value, to introduce waste-free production technologies and to ensure high involvement of the population of Kazakhstan in the process of collecting wild berries.

In this regard, one of the urgent scientific problems is the safety of wild berries in Kazakhstan.

The first stage of the study of local plant raw materials was to determine the quality indicators, which should meet the established requirements and norms specified in Tables 1-3.

Table 1 – Characterization and norm for hawthorn (*Crataegus almaatensis*)

Name of indicators	Norm according to ND	Factual
Appearance, size and structure of fruits	The fruits are apples, from spherical to ellipsoidal in shape, hard, wrinkled, 6-14 mm long, 5-11 mm wide, with a ring-shaped border on top formed by dried sepals. The pulp of the fruit contains 1-5 woody seeds of an irregular triangular, oval or laterally compressed shape. The surface of the seeds is pitted-wrinkled or grooved along the back.	Corresponds
Color	From yellowish-orange and brownish-red to dark brown or black, sometimes with a whitish coating of crystallized sugar	Corresponds, brownish-red colors prevailed
Smell	Typical for this raw material, without foreign odors	Corresponds
Taste	Sweetish	Corresponds
Mass fraction of unripe fruits (brownish-green), %, no more than	1,0	0,2
Mass fraction of fruits damaged by pests, crushed, individual stones, twigs, stalks, including those separated during analysis, %, no more than	5,0	Not found
Mass fraction of foreign impurities: organic (fruits or parts of fruits of other non-poisonous plants), %, no more than 1.0 mineral (soil, sand, pebbles), %, no more than 0.5	1 0,5	Not found

Table 2 – Characteristics and norms for rosehip (*Rosa canina L.*)

Name of indicators	Norm according to ND	Factual
Appearance, size and structure of fruits	Whole, cleared of sepals and stalks, false fruits of various shapes: from spherical, ovoid or oval to strongly elongated spindle-shaped; the length of the fruit is 0,7-3 cm, the diameter is 0,6-1,7 cm. At the top of the fruit there is a small round hole or pentagonal platform. The fruits consist of an enlarged receptacle (hypanthium) and numerous rootlets enclosed in its cavity. The walls of the fruit are hard, brittle, the outer surface is shiny, less often matte, more or less wrinkled. Inside, the fruits are abundantly lined with long, very hard bristly hairs. The nuts are small, oblong, with poorly defined edges.	Not cleared of sepals, otherwise consistent
Color	Bright orange-red or deep red in colour, sometimes darker red or even slightly burgundy	Corresponds, brownish-red colors prevailed
Smell	Typical for this raw material, without foreign odors	Corresponds
Taste	Sweet and sour, slightly astringent	Corresponds
Mass fraction of unripe fruits (from green to yellow color), %, no more than	5	2
Mass fraction of foreign impurities: – organic (parts of other non-poisonous plants), %, no more than 0,5 – mineral (earth, sand, pebbles), %, no more than	0,5 0,5	Not found

Table 3 – Characteristics and norms for sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*)

Name of indicators	Norm according to ND	Factual
Appearance, size and structure of fruits	The fruits are fresh, clean, unbruised, at the stage of ripeness and color for picking, with or without stalks, free from diseases and damage by agricultural pests, free from excessive external moisture	Corresponds, orange color prevailed
Mass fraction of fruits that have not reached removable maturity and color, %.	no more than 2.0	0,3
Mass fraction of fruits wrinkled and mechanically damaged, %	no more than 5.0	1,0
Mass fraction of foreign impurities (twigs, stalks, leaves) , %.	no more than 1.0	Not found
Presence of rotten, wilted, moldy and dry fruits	Not allowed	Not found
Presence of agricultural pests and products of their vital activity	Not allowed	Not found

As the results showed, the examined plant raw materials meet the requirements of normative documents in appearance, color, odor and taste, which allows to continue further study of this raw material.

The mass fraction of unripe fruits did not exceed the permissible norm established by the standard, which amounted to -2% for rosehip and -2% for barberry.

Mass fraction of organic and mineral impurities was not detected in the tested fruits.

Safety of local plant raw materials is an important parameter determining their suitability for consumption. In this regard, we conducted experimental studies on the content of toxic elements in the laboratory of Almaty Technological University. The safety of raw materials was assessed in accordance with TR TS 021/2011 «On the safety of food products», which regulates the control of the presence of four toxic elements: lead, cadmium, arsenic and mercury (table 4).

Table 4 – Content of toxic elements in fruits, leaves and stems of local plant materials

Heavy metals, mg/kg	Norm according to ND	Sea buckthorn			Rose hip			Hawthorn		
		fruit	leaves	stem	fruit	leaves	stem	fruit	leaves	stem
Lead	6,0	Not found			Not found			Not found		
Cadmium	1,0	Not found			Not found			Not found		
Arsenic	0,5	Not found			Not found			Not found		
Mercury	0,1	Not found			Not found			Not found		

Lead is one of the most common and dangerous toxic substances. It blocks sulfhydryl groups of proteins, penetrates into the nervous, muscular, digestive systems and kidneys, having a negative impact on reproductive function [22].

The toxic effects of cadmium are associated with blocking sulfhydryl groups of proteins and enzymes, which disrupts iron and calcium metabolism in the body and can also cause kidney disease.

Mercury is one of the most highly toxic elements that can accumulate in plants. Mercury compounds block the sulfhydryl groups of proteins, which leads to the inactivation of a number of enzymes and disruption of the metabolism of ascorbic acid, proteins, copper, zinc, selenium and pyridoxine.

Arsenic is similar in toxicity to mercury. It blocks thiol groups of enzymes that regulate tissue respiration [23].

The presented information in Table 5 indicates that there are no dangerous toxic substances in wild plants that can adversely affect the organism.

Pesticides are substances of chemical and biological origin used to control insects, rodents, pathogens and other pests. Wild plants may contain residues of pesticides used in forest treatments to kill mosquito larvae, ticks, forest pests and quarantine objects [5].

The content of HCCH (α , β , γ -isomers) and DDT and its metabolites should not exceed 0.1 mg/kg, should be within the established safe limits.

Heptachlor and aldrin belong to the group of organochlorine pesticides, which have high toxic properties, do not decompose rapidly in nature and can damage ecosystems including water, soil and biota. Due to health and ecosystem hazards, their use has been restricted or banned in most countries.

Table 5 – Pesticide content in fruits, leaves and stems of local plant materials

Pesticides, mg/kg	Norm according to ND	Sea buckthorn			Rose hip			Hawthorn		
		fruit	leaves	stem	fruit	leaves	stem	fruit	leaves	stem
HCH (α , β , γ -isomers)	0,1	Not found			Not found			Not found		
DDT and its metabolites	0,1	Not found			Not found			Not found		
Heptachlor	not allowed	Not found			Not found			Not found		
Aldrin	not allowed	Not found			Not found			Not found		

The table shows that pesticides – HCCH (α , β , γ -isomers) and DDT with its metabolites, heptachlor and aldrin – were not detected in the tested samples.

Conclusion

Therefore, the studied local plant raw materials (sea buckthorn, hawthorn, rosehip) according to the quality and safety indicators meet the established regulatory requirements for raw materials. Based on the study of quality and safety of local plant raw materials allows us to recommend it for use as a raw material for enrichment of confectionery products. According to the information about the possibility of raw material procurement on the territory of Ile-Alatau State National Natural Park, the optimal variant is the use of local fruit and berry raw materials. This will not only expand the raw material base, but also reduce transportation costs, which will lead to a reduction in the cost of production. The use of berries contributes not only to increase the content of BAS, but also allows to minimize or completely eliminate synthetic dyes and flavoring additives from confectionery products.

References

1. Farzaliyev E.B. Structure and properties of pectin substances of wild sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) growing in Azerbaijan / E.B. Farzaliyev, V.N. Golubev, G.K. Hafizov // *BIO Web Conf.* 2022 Jan; 42:01028. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201028>.
2. Farzaliyev E.B. Issledovanie i identifikatsiya pektinovykh veshchestv dikorastushchikh plodov oblepikhi (*Hippophae rhamnoides* L.) / E.B. Farzaliyev, V.N. Golubev, T.B. TSYganova // *Khranenie i pereabotka sel'khozsyrya*. 2021;3:115-125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>.
3. Farzaliyev E. Wild fruits of Azerbaijan as raw materials for bioadditives / E. Farzaliyev, A. Dubyna // *Technology*. – 2023. – T. 17, № 1. – P. 29-37. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2566>.
4. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova et al // *International journal of molecular sciences*. – 2015. – T. 16, № 10. – P. 24673-24706. <https://doi.org/10.3390/ijms161024673>.
5. Traditional uses of wild berries in the Bukovina region (Romania) / A. Leahu et al // *Food and Environment Safety Journal*. – 2020. – T. 18, № 4. <https://fens.usv.ro/index.php/FENS/article/view/686/0>.
6. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review / Z. Ciesarová et al // *Food Research International*. – 2020. – T. 133. – P. 109170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
7. Jaśniewska A. Wide spectrum of active compounds in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) for disease prevention and food production / Jaśniewska A., Diowksa A. // *Antioxidants*. – 2021. – T. 10, № 8. – P. 1279. <https://doi.org/10.3390/antiox10081279>.
8. Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf, stem, root and seed / Michel T. et al // *Food chemistry*. – 2012. – T. 131, № 3. – P. 754-760. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.029>.
9. Hawthorn (*Crataegus* spp.): An updated overview on its beneficial properties / Nazhand A. et al // *Forests*. – 2020. – T. 11, № 5. – P. 564. <https://doi.org/10.3390/f11050564>.
10. Antioxidative properties and acrylamide content of functional wheat-flour cookies enriched with wild-grown fruits / Borczak B. et al // *Molecules*. – 2022. – T. 27, № 17. – P. 5531. <https://doi.org/10.3390/molecules27175531>.
11. Singh K. Nutritional potential of wild edible rose hips in India for food security / K. Singh, S. Gairola // *Wild Food Plants for Zero Hunger and Resilient Agriculture*. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. – P. 163-179. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6502-9_7.
12. Phytochemistry, traditional uses and pharmacological profile of rose hip: A review / Ayati Z. et al // *Current pharmaceutical design*. – 2018. – T. 24, № 35. – P. 4101-4124. <https://doi.org/10.2174/1381612824666181010151849>.
13. GOST 24027.0-80. Medicinal plant raw materials. Rules for acceptance and sampling methods. Interstate Standard, 1981. – 5 p.
14. GOST 3852-93. Hawthorn fruits. Technical specifications. – Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1993. – 10 p.
15. GOST 1994-93. Rosehip fruits. Technical specifications. – Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, 1993. – 5 p.
16. GOST R 59661-2021. Fresh sea buckthorn. – Moscow: Russian Institute for Standardization, 2021. – 14 p.
17. GOST 26927-86. Raw materials and food products. Methods for determining mercury. – Moscow: IPC Publishing House of Standards, 2002. – 14 p.
18. GOST R 51766-2001. Raw materials and food products. Atomic absorption method for determining arsenic. – Moscow: Standartinform, 2011. – 10 p.
19. GOST 30178-96. Raw materials and food products. Atomic absorption method for determining toxic elements. – Moscow: Standartinform, 2010. – 10 p.
20. ST RK 2011-2010. Water, food products, feed, and tobacco products. Determination of organochlorine pesticides by chromatographic methods. – Astana, 2010. – 28 p.
21. GOST 30349-96. Fruits, vegetables, and processed products. Methods for determining residual amounts of organochlorine pesticides.
22. Dragich O. A., Cheremenina N. A., Sidorova K. A. Safety of biological products. – Tyumen: GAU of the Northern Trans-Urals, 2023. – 184 p. – URL: <https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2023/dragichbezopasnost.pdf>.

23. Study of the main elements of the chemical composition of plant raw materials from Dagestan / Isrigova T. A. et al // Problems of the Development of the Agro-Industrial Complex of the Region. – 2020. – No. 4. – pp. 172-180. <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2020.3.172>.

Funding. This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP23489874 Development of gentle technology for production of natural extracts on processing of local plant raw materials for enrichment of sweets).

Ж.С. Набиева, Э.К. Асембаева*, Ю.Г. Пронина, А.И. Самадун, А.А. Кулаипбекова
Алматы технологиялық университеті
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100
*e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru

КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРДІ БАЙЫТУҒА АРНАЛҒАН ЖЕРГІЛІКТІ ӨСІМДІК ШИКІЗАТТАРЫНЫҢ САПАСЫ МЕН ТАҒАМДЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ

Өсімдік текті биологиялық белсенді заттармен байытылған функционалды кондитерлік өнімдерді жасау тамақ өнеркәсібі үшін маңызды және өзекті міндет болып табылады.

Мақалада келтірілген жабайы жидек шикізаттарының сапасы мен азық-түлік қауіпсіздігі туралы нәтижелер оның әртүрлі физиологиялық әсерлері бар әртүрлі типтегі органикалық қосылыстардың көзі ретінде функционалды өнімдерде пайдалану мүмкіндігін растайды. Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің аумағынан шикізатты жинау мүмкіндігі туралы мәліметтерге сәйкес, жергілікті жеміс-жидек шикізатын пайдалану ең оңтайлы нұсқа болып табылады. Бұл шикізат базасын кеңейтіп қана қоймай, тасымалдау шығындарын азайтады, бұл өнімнің өзіндік құнының төмендеуіне әкеледі.

Зерттеудің негізгі мақсаты – Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркінде өсетін өсімдіктердің жемістерінің, сабақтарының және жапырақтарының әрі қарай тамақ өнеркәсібінде пайдалану үшін сапасы мен қауіпсіздігін бағалау.

Зерттелетін жергілікті өсімдік шикізаты (шырғанақ, долана, итмұрын) сапасы мен қауіпсіздігі бойынша шикізатқа қойылатын белгіленген нормативтік талаптарға сәйкес келеді. Зерттеулер негізінде жергілікті өсімдік шикізатының сапасы мен қауіпсіздігі оны кондитерлік өнімдерді байыту үшін шикізат ретінде пайдалануға ұсынуға мүмкіндік береді. Жидектерді пайдалану биологиялық белсенді заттардың құрамын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар кондитерлік өнімдерден синтетикалық бояғыштар мен дәмдік қоспаларды барынша азайтуға немесе толығымен жоюға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: ББЗ, тағамдық қауіпсіздік, долана (*Crataegus almaatensis*), шырғанақ (*Hippophae rhamnoides L.*), итмұрын (*Rosa canina L.*), жеміс, жапырақ, сабақ.

Ж.С. Набиева, Э.К. Асембаева*, Ю.Г. Пронина, А.И. Самадун, А.А. Кулаипбекова
Алматы технологиялық университеті,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Төле би, 100
*e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕСТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Разработка функциональных кондитерских изделий, обогащенных растительными биологически активными веществами, является важной и актуальной задачей для пищевой промышленности.

Представленные в статье данные о качестве и пищевой безопасности дикорастущего ягодного сырья подтверждают его потенциал для использования в функциональных продуктах как источник органических соединений различных типов с разнообразными физиологическими эффектами. Согласно информации о возможности заготовки сырья на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка, оптимальным вариантом является применение местного плодово-ягодного сырья. Это не только расширит сырьевую базу, но и снизит транспортные расходы, что приведет к уменьшению себестоимости продукции.

Основной целью исследования является оценка качества и безопасности плодов, стеблей и листьев растений, произрастающих в Иле-Алатауском государственном национальном природном парке для дальнейшего их применения в пищевой промышленности.

Исследуемое местное растительное сырьё (облепиха, боярышник, шиповник) по показателям качества и безопасности соответствует установленным нормативным требованиям, предъявляемым к сырью. На основании исследования качества и безопасности местного растительного сырья позволяет рекомендовать его для использования в качестве сырья для

обогащения кондитерских изделий. Использование ягоды способствует не только увеличению содержания БАВ, но и позволяет минимизировать или полностью исключить синтетические красители и вкусоароматические добавки из кондитерских изделий.

Ключевые слова: БАВ, пищевая безопасность, боярышник (*Crataegus almaatensis*), облепиха (*Hippophae rhamnoides L.*), шиповник (*Rosa canina L.*), плоды, листья, стебель.

Information about the authors

Zhanar Serikbolovna Nabiyeva – PhD, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Safety, Almaty, Kazakhstan; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Elmira Kuandykovna Assembayeva* – PhD, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

Yuliya Pronina – PhD, Almaty Technological University, Department of «Technology of Bakery Products and Processing Industries», Department of Information Support and Patent Research of the Science Department, Almaty, Kazakhstan; e-mail: medvezhonok_87@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0395-3379>.

Abdysemat Isamidinuly Samadun – Almaty technological university. Research Laboratory for Assessing the Quality and Safety of Food Products. Almaty, Kazakhstan. e-mail: abdu.93_93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

Akerke Askarkyzy Kulaipbekova – PhD student, assistant, Almaty Technological University, Department of «Food Biotechnology», Almaty, Kazakhstan; E-mail: ak04erke22@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3878-8185>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жанар Серикболовна Набиева – PhD, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Тамақ қауіпсіздігін ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Эльмира Куандыковна Асембаева* – PhD, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

Юлия Геннадьевна Пронина – PhD, Алматы технологиялық университеті, «Нан өнімдері және өңдеу өнеркәсібі технологиясы» кафедрасы, Ғылым басқармасының ақпараттық қамтамасыз ету және патенттік зерттеулер бөлімі, Алматы, Қазақстан; e-mail: medvezhonok_87@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0395-3379>.

Абдысемат Исамидинұлы Самадун – Алматы технологиялық университеті. Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау ғылыми-зерттеу зертханасының меңгерушісі. Алматы, Қазақстан; e-mail: abdu.93_93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

Акерке Аскарқызы Кулаипбекова – докторант, ассистент, Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан; e-mail: ak04erke22@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3878-8185>.

Сведения об авторах

Жанар Серикболовна Набиева – PhD, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Научно-исследовательский институт пищевой безопасности, Алматы, Казахстан; e-mail: atu_nabiyeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7258-746X>.

Эльмира Куандыковна Асембаева* – PhD, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; e-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7964-7736>.

Юлия Геннадьевна Пронина – PhD, Алматинский технологический университет, кафедра «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств», Отдел информационного обеспечения и патентных исследований управления науки, Алматы, Казахстан; e-mail: medvezhonok_87@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0395-3379>.

Абдысемат Исамидинұлы Самадун – Алматинский технологический университет. Заведующий Научно-исследовательской лаборатории по определению качества и безопасности продовольственных продуктов. Алматы, Казахстан; e-mail: abdu.93_93@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5286-5175>.

Акерке Аскарқызы Кулаипбекова – докторант, ассистент, Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматы, Казахстан; Электронная почта: ak04erke22@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3878-8185>.

Received 29.01.2025

Revised 18.02.2025

Accepted 20.02.2025

Zh.A. Abish*, R.S. Alibekov, A.U. Shingisov, A.A. Utebaeva
M. Auezov South Kazakhstan University,
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent City, Tauke khan avenue, 5
*e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru

DEVELOPMENT OF HACCP PLAN FOR MOUSSE FROM WHEY WITH ADDITION OF PLANT RAW MATERIAL

Annotation: *The basics of a food safety management system and hazard identification are covered in this paper. Critical control points that may impact the end product's safety can be found during the whey mousse production process. The technological method of making whey mousse is examined while keeping the HACCP system's tenets in mind. Whey is crucial for human health since it contains high-quality protein and other beneficial compounds. In this sense, it's critical to maintain all of whey's advantageous qualities when making mousse. The requirements for crucial control points are identified after an analysis of each technological level. Raw material receipt and inspection, whey preparation, raw material processing, component whipping, packing, and storage are the most crucial steps in the production process. A monitoring, control, and corrective action system based on the HACCP / MS ISO 22000:2018 Food Safety Management System standards is suggested in order to prevent adverse causes and dangerous factors.*

Key words: *mousse, HACCP, whey, technology, dangerous factors, quality control, safety.*

INTRODUCTION

With the growing interest in healthy eating and environmental aspects, the use of whey in dessert production is a significant prospect. Combined with the growing interest in low-calorie, functional products, whey-based mousses can become an excellent alternative to traditional sweet desserts. Whey mousse is a light and tasty product with a number of beneficial properties.

Whey is a by-product of cheese production. Whey is the liquid, usually yellowish-green in color, that remains after the coagulation process during cheese production. This liquid contains whey proteins, which have many important properties such as emulsification, gel formation, foaming, fat binding and thickening, and has a wide range of uses in the food industry. Whey protein can be used to improve and support people's health due to its rich amino acid content and as a source of dietary nitrogen [1].

This article discusses the development of a HACCP plan for mousses from whey with addition of plant raw materials. Research shows that whey contains up to 20% proteins, including important components such as alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin, which have high biological value [2]. These proteins have broad functional properties such as gelling and emulsifying, making whey a valuable ingredient for the production of mousses and other textured desserts. The capacity of whey proteins to generate foam allows for the formation of foam in the products [3]. The key stages of whey mousse preparation are pasteurization, processing of components and whipping. Whey pasteurization is necessary to destroy harmful microorganisms, as well as to improve its taste and texture [4]. Heat treatment increases the stability of the whey and reduces microbiological risks. An important stage in the production of mousse is whipping, which gives the product lightness and airiness. To stabilize the mousse and improve its consistency, stabilizers such as gelatin or agar-agar are often used, as well as milk fats, which help improve the texture structure of the final product [5]. The readings from the texture analyzer show that when pectin is employed as a fixative, the mousse exhibits greater resistance to mechanical stress, and its strength is enhanced [6]. Despite all the advantages, the production of whey mousses is associated with a number of technological difficulties. Firstly, whey is highly vulnerable to microbiological contamination, which requires careful control of storage conditions and processing of raw materials [7].

Secondly, like other dairy products, whey has a limited shelf life due to the rapid reproduction of microorganisms at ambient temperatures. This necessitates the introduction of effective pasteurization and packaging technologies. The implementation of a food safety management system is a strategic step that helps improve the efficiency of an organization in the field of food safety. The requirements of the standard ST RK ISO 22000:2019 FSMS, concerning "Requirements for organizations participating in the food chain", are not aimed at specific types of products or

services, but at the enterprise management system in the field of food safety. The main goal of the FSMS is to prevent or minimize the introduction of food hazards into products. One of the effective ways to protect consumers is the HACCP system, which allows you to identify, evaluate and control hazardous factors that are critical to the safety of food products [8].

Food safety means ensuring that food items are safe for consumers when they are prepared and eaten in appropriate conditions. To uphold this principle and guarantee the creation of safe food, it is essential to establish a food safety management system. Investing in food safety management systems is a key necessity for the steady and trustworthy supply of safe food products and for the growth of international trade [9].

The risk assessment can obtain an objective picture of the level of danger and determine the measures that must be taken to minimize or eliminate threats at every stage of the production and trading process, risk evaluation through a thorough analysis of all factors enables effective management of product safety, reducing potential risks to consumer health. The Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system provides a clear and logical framework for control, focusing on preventing problems by recognizing possible hazards, determining critical control points, and establishing strategies for monitoring, preventing, and rectifying these hazards. This system should be formulated based on seven key principles:

1. Conducting an analysis of possible hazards;
2. Identifying Critical Control Points (CCP);
3. Establishing Critical Limits for the CCP;
4. Creating a monitoring system for controlling the CCP;
5. Defining corrective actions;
6. Establishing verification procedures;
7. Setting up principles for record-keeping and documentation [9].

Risk assessment in the HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) system is based on several key criteria that help to identify hazards at various stages of production and develop measures to control them. The main risk assessment criteria applied in HACCP consist of: high likelihood that is a risk with a significant chance of happening during the process (e.g. microbiological contamination during the packaging phase). Also, moderate likelihood that is a risk that could arise in specific situations (e.g. chemical contamination resulting from inadequate processing). And low probability is a hazard with a rare occurrence, which does not always depend on the stage of the process.

Risk assessment also includes an analysis of what damage or harm can be caused to the consumer if the hazard occurs. The higher the potential impact on health, the higher the risk.

Sample risk assessment criteria:

1. Microbiological safety – high probability, high severity.
2. Chemical contamination – medium probability, high severity.
3. Physical contamination (e.g. glass in packaging) – low probability, high severity.
4. Food allergens (e.g. milk proteins in non-dairy products) – high probability, high severity.

The objective of this research is to pinpoint the key control points in the manufacturing process of whey-based mousse that includes black currant.

REASERCH METHODS

This research focused on whey, plant-based components, stabilizers (raw materials) and the finished mousse products created in a lab setting. To determine critical control points (CCPs) within the production process, the «Decision Tree» method, as outlined in the ISO 22000:2005 standard was employed [10]. This method, known for its simplicity and systematic approach, is widely used to identify CCPs by providing a clear, logical framework for hazard assessment at each production stage. Through a systematic process of addressing the decision tree's questions, the HACCP team identifies if critical control points are required at each step of the process. In order to evaluate potential hazards linked to whey-based mousse production, information regarding risks and the circumstances under which they could occur was gathered and evaluated. We initially assembled a comprehensive inventory of potential hazards, encompassing physical, chemical, and microbiological risks. To pinpoint potential threats across the entire production process, we meticulously examined the finished product, ingredients, and raw materials, conducting a thorough analysis of each stage.

Particular attention is paid to possible risks related to storage, personnel who may be a source of danger, as well as equipment, packaging and the production environment.

At each stage, specific measures and conditions that could lead to the emergence or aggravation of risk factors are considered. The risk assessment is carried out based on two key parameters: the severity of the possible consequences for consumer health and the likelihood of these risks occurring.

RESULTS AND DISCUSSION

As part of the risk analysis, we carefully examined the probability of occurrence of each identified risk factor and the significance of the consequences for consumer health. Based on this data, a list of situations in which the risk exceeds the permissible safety level was created. Certain risk factors that meet the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union (TR CU 033/2013 «On the safety of milk and dairy products» and TR CU 021/2011 «On food safety») were classified as significant risks, regardless of the assessment results [11]. The next step was to determine Critical Control Points (CCPs), which is an important element of the risk analysis and control system, such as in the HACCP methodology.

CCPs indicate stages at which the probability of hazard occurrence is highest and which require strict control to prevent possible risks. For each CCP, specific parameters such as temperature, time, pH are set, which must be strictly controlled. The importance of CCPs can be classified into different levels, depending on the degree of impact on the safety of the final product in table 1.

Table 1 – Classification of critical control points

Levels of importance critical control points	Control of risks
CCPs of high importance	Pasteurization temperature control, which directly affects the safety of dairy products.
CCPs of medium importance	Control of packaging cleanliness or hygienic condition of equipment, which reduces the likelihood of product contamination
CCPs of low importance:	Control of storage time under favorable conditions, which does not have such a critical impact on safety, but is still important for maintaining optimal standards.

Critical points are those stages at which it is possible to prevent or significantly reduce a potential threat. If there is a hazard in the production process that could exceed the permissible level and this threat is not eliminated at a later stage, these points must be strictly controlled. This is particularly important because at these stages, if control measures are not correctly implemented, it may not be possible to eliminate the hazard to an acceptable level.

In the technological process, the stages of raw material acceptance and whey pasteurization were classified as Critical Control Points (CCPs) that must be controlled and monitored to minimize or eliminate the potential hazards in Table 2. CCPs are thoroughly checked and all data about them are recorded. Next, CCP monitoring was organized, the purpose of which is regular control and measurements that allow for timely detection of deviations from the established limits and the implementation of appropriate preventive or corrective measures. Each CCP was assigned a corrective action, such as checking the measurement area, adjusting equipment, and removing products that do not meet the requirements. In the future, for the

The HACCP system must be continuously improved and maintained for it to function effectively. To accomplish this, regular internal audits should be conducted regularly. The HACCP team is required to operate continuously, promptly executing corrective actions and documenting their implementation.

To ensure product safety at all stages of whey mousse production, it is necessary to: regularly conduct laboratory tests of raw materials for microbiological safety and maintain strict control over compliance with temperature conditions at all stages (storage, processing).

Establish a logging system to document all activities at each phase, including the reception of raw materials, processing, and packaging. Conduct routine inspections of equipment to avert contamination. Should any risks or instances of non-compliance arise during production, it is imperative to promptly remove sources of contamination, such as substituting inferior raw materials or implementing additional heat treatment. In case of violation of temperature conditions, conduct an analysis of the product for microbiological safety and, if necessary, destroy the batch. Regularly conduct personnel training on safety and hygiene rules.

Table 2 – Risk assessment and critical points of mousse from whey

Production stage	Potential risks	Critical points	Control measures
Receiving and checking raw materials	Microbial contamination, use of poor-quality raw materials	Control over suppliers, checking expiration dates and external condition of raw materials	Acceptance of only certified and verified supplies, laboratory tests for microbiological safety
Preparation of whey	Improper storage, microbial contamination	Temperature storage conditions	Storage at a temperature not exceeding 4°C, storage time control
Raw material processing	Insufficient heat treatment, ineffective pasteurization	Pasteurization temperature regime	Pasteurization of whey at 85-90°C for 1-2 minutes
Whipping process of the ingredients	Inadequate homogenization and contamination resulting from equipment.	Sanitation of apparatus.	Equipment must be cleaned and disinfected following each shift, and the condition of the beaters should be assessed.
Approaches to packaging and storage.	There is a threat of microbiological contamination along with the risks posed by the storage of materials without proper authorization	Temperature conditions for storage, tightness of packaging	The packaging is conducted in sterile conditions, with storage temperatures limited to a maximum of 4°C.

CONCLUSION

In light of the aforementioned information, it can be concluded that the HACCP system stands out as one of the most efficient mechanisms for guaranteeing product safety and quality. The implementation of the HACCP system in the production of whey mousse can significantly reduce risks and ensure the safety of the finished product.

The essential aspect of the production process is the rigorous oversight at every stage, coupled with the training of staff in the appropriate management of both raw materials and finished products. A meticulous application of the control system ensures that consumers receive desserts of high quality and safety. The analysis identified the most probable hazards associated with the production of mousse desserts and established potential Critical Control Points (CCPs) by considering biological, chemical, and physical risks.

The critical stages of production include the acceptance and inspection of raw materials, whey preparation, processing of raw materials, component whipping, packaging, and storage. To mitigate adverse factors, a system for monitoring, control, and corrective actions is recommended, aligned with the standards of the HACCP and MS ISO 22000:2018 food safety management system.

Список литературы

1. Polat M. A multidisciplinary approach to the valorization of dairy industry waste whey / M. Polat // *iconil 2024 autumn*. – 2024. – P. 15.
2. Young P.W. Influence of pH on fluid gels produced from egg and whey protein isolate / P.W. Young, T.B. Mills, I.T. Norton // *Food Hydrocolloids*. – 2021. – Т. 111. – P. 106108.
3. MOUSSE FROM CASEIC WHEY / Kassymova M. et al // *Доклады НАН РК*. – 2021. – № 6. – P. 50-57.
4. Effects of Ultrasound versus Pasteurization on Whey–Oat Beverage Processing: Quality and Antioxidative Properties / A.L. Herrera-Ponce et al // *Processes*. – 2022. – Т. 10, № 8. – P. 1572.
5. Panji D.D. Pemanfaatan Buah Nangka Sebagai Substitusi Gula Dan Lemak Nabati Pada Mousse 2019 / D.D. Panji, V. Octaviany, D. Gusnadi // *eProceedings of Applied Science*. – 2019. – Т. 5, № 3.
6. CHARACTERISTICS OF MILK WHEY BASED MOUSSE / Abish Zh.A. et al // *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. – 2024. – № 1(2(14)). – P. 262-271. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-32).

7. Review on hazard analysis and critical control point (HACCP) in the dairy product: Cheese / Suherman, S. et al // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1053, № 1. – Р. 012081.
8. Официальный сайт: АО «Национальный центр Экспертизы и Сертификации»: <https://naceks.kz/208istema-menedzhmenta-bezopasnosti-pishhevoj-produkczi-na-osnove-princzipov-hassp/>.
9. Food safety and HACCP system in the PHYSALIS confiture production / Alibekov R. et al // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2019. – № 4. – Р. 6-11.
10. Разработка ХАССП-ПЛАНА для творожного десерта с добавлением растительных ингредиентов (боярышник, абрикос, морковь) / Орымбетова Г.Э. и др. // Вестник Алматинского технологического университета. – 2018. – № 1. – С. 42-46.
11. TP TC 033/2013. Технический регламент Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 09 октября 2013 года № 67. [TP TC 033/2013. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru> (дата обращения: 17.04.2022).

References

1. Polat M. A multidisciplinary approach to the valorization of dairy industry waste whey / M. Polat // iconil 2024 autumn. – 2024. – R. 15. (In English).
2. Young P.W. Influence of pH on fluid gels produced from egg and whey protein isolate / P.W. Young, T.B. Mills, I.T. Norton // Food Hydrocolloids. – 2021. – Т. 111. – R. 106108. (In English).
3. MOUSSE FROM CASEIC WHEY / Kassymova M. et al // Doklady NAN RK. – 2021. – № 6. – R. 50-57. (In English).
4. Effects of Ultrasound versus Pasteurization on Whey–Oat Beverage Processing: Quality and Antioxidative Properties / A.L. Herrera-Ponce et al // Processes. – 2022. – Т. 10, № 8. – R. 1572. (In English).
5. Panji D.D. Pemanfaatan Buah Nangka Sebagai Substitusi Gula Dan Lemak Nabati Pada Mousse 2019 / D.D. Panji, V. Octaviani, D. Gusnadi // eProceedings of Applied Science. – 2019. – Т. 5, № 3. (In English).
6. CHARACTERISTICS OF MILK WHEY BASED MOUSSE / Abish Zh.A. et al // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences. – 2024. – № 1(2(14)). – R. 262-271. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-32). (In English).
7. Review on hazard analysis and critical control point (HACCP) in the dairy product: Cheese / Suherman, S. et al // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1053, № 1. – R. 012081. (In English).
8. Ofitsial'nyi sait: AO «Natsional'nyi tsentr Ehkspertizy i Sertifikatsii»: <https://naceks.kz/istema-menedzhmenta-bezopasnosti-pishhevoj-produkczi-na-osnove-princzipov-hassp/>. (In Russian).
9. Food safety and HACCP system in the PHYSALIS confiture production / Alibekov R. et al // Izvestiya NAN RK. Seriya khimii i tekhnologii. – 2019. – № 4. – R. 6-11. (In English).
10. Razrabotka KHASSP-PLANA dlya tvorozhnogo deserta s dobavleniem rastitel'nykh ingredientov (boyaryshnik, abrikos, morkov') / Orymbetova G.EH. i dr. // Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2018. – № 1. – S. 42-46. (In Russian).
11. TR TS 033/2013. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza 033/2013 «O bezopasnosti moloka i molochnoi produktsil»: prinyat resheniem Soveta Evraziiskoi ehkonomicheskoi komissii ot 09 oktyabrya 2013 goda № 67. [TR TS 033/2013. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru> (data obrashcheniya: 17.04.2022). (In Russian).

Ж.А. Абиш*, Р.С. Алибеков, А.У. Шингисов, А.А. Утебаева
 Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
 160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5
 *e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПЛАНА НАССР ДЛЯ МУССОВ ИЗ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В данной работе рассматривается идентификация опасностей и принципы системы управления безопасностью пищевых продуктов. В процессе производства мусса из молочной сыворотки могут быть выявлены критические контрольные точки, которые могут повлиять на безопасность конечного продукта. С учетом принципов системы ХАССП, технологический процесс

производства мусса из молочной сыворотки подвергается анализу. Молочная сыворотка как источник высококачественного белка и других полезных веществ имеет большое значение для здоровья человека. Важным аспектом является сохранение всех полезных свойств сыворотки в процессе производства мусса. Каждый этап технологического процесса подвергается тщательному анализу, и выявлены ключевые точки, требующие контроля. Ключевыми этапами производства являются: прием и проверка сырья, подготовка молочной сыворотки, обработка сырья, взбивание компонентов, упаковка и хранение. Для минимизации негативных воздействий предложена система мониторинга, контроля и корректирующих мер, основанная на стандартах ХАССП / MS ISO 22000:2018 Системы управления безопасностью пищевых продуктов.

Ключевые слова: мусс, НАССР, сыворотка, технология, опасный фактор, контроль качества, безопасность.

Ж.Ә. Әбіш*, Р.С. Алибеков, А.У. Шингисов, А.А. Утебаева

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы, 5
*e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru

ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫ ҚОСЫЛҒАН САРЫСУ МУССЫНА АРНАЛҒАН НАССР ЖОСПАРЫН ӨЗІРЛЕУ

Бұл жұмыста тамақ өнімдерінің қауіпсіздігін басқару жүйесінің негізгі принциптері мен қауіптерді анықтау мәселелері қарастырылды. Сүт сарысуынан жасалған мусс өндірісі барысында соңғы өнімнің қауіпсіздігіне әсер ететін сыни бақылау нүктелері анықталды. ХАССП жүйесінің принциптеріне сүйене отырып, сүт сарысуынан мусс өндірудің технологиялық процесі егжей-тегжейлі талданды. Сүт сарысуы – жоғары сапалы ақуыздар мен басқа да пайдалы заттардың бай көзі, бұл оның адам денсаулығына пайдасын арттырады. Осыған орай, мусс өндірісі кезінде сарысудың барлық пайдалы қасиеттерін сақтау маңызды болып табылады.

Технологиялық процестің әрбір кезеңі мұқият талданып, сыни бақылау нүктелерін анықтаудың негіздері қаланды. Өндірістің маңызды кезеңдері ретінде шикізатты қабылдау мен тексеру, сарысуды дайындау, шикізатты өңдеу, компоненттерді шайқау, сондай-ақ орау және сақтау көрсетілді. Теріс факторлардың алдын алу мақсатында ХАССП / MS ISO 22000:2018 стандарттарына негізделген бақылау, мониторинг және түзету әрекеттері жүйесі ұсынылды. Бұл жүйе азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында тиімді басқару тәсілдерін ұсынады, сонымен қатар өнімнің жоғары сапасы мен қауіпсіздігін сақтау үшін қажетті шараларды жүзеге асырады.

Түйін сөздер: мусс, НАССР, сүт сарысуы, технология, қауіпті фактор, сапаны бақылау, қауіпсіздік.

Сведения об авторах

Жансая Әбілхайрқызы Абиш* – PhD докторант, Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им.М.Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

Равшанбек Султанбекович Алибеков – кандидат химических наук, профессор. Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им.М.Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

Азрет Утебаевич Шингисов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов», Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айдана Аскараровна Утебаева – PhD, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова. Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии. Шымкент, Казахстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жансая Әбілхайрқызы Абиш* – PhD докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан, e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

Равшанбек Султанбекович Алибеков – химия ғылымдарының кандидаты, профессор. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

Азрет Утебаевич Шингисов – техника ғылымдарының докторы, «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры, Шымкент, Қазақстан; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айдана Аскарарна Утебаева – PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Information about the authors

Zhansaya Abilkhairkyzy Abish* – PhD student, «Technology and Safety of Food products» Department, M.Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: abish.zhansaya95@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7175-9354>.

Ravshanbek Sultanbekovich Alibekov – PhD in Chemistry, Professor, «Food Engineering» Department, M. Auezov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: ralibekov@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-3101>.

Azret Utebayevich Shingisov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology and Food Safety, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Aidana Askarovna Utebaeva – PhD. M. Auezov South Kazakhstan university. Textile and Food Engineering higher school. Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Received 11.02.2025

Revised 06.03.2025

Accepted 07.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-27](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-27)



FTAXP: 65.09.03

Н.А. Алдабергенова*, Ә.Л. Қасенов

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

*e-mail: nosyadem@mail.ru

«СУ-ВИД» ӘДІСІ БОЙЫНША ДАЙЫНДАЛҒАН СИЫР ЕТІ, ҚОЙ ЕТІ ЖӘНЕ ТАУЫҚ ЕТІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІ

Аңдатпа: Мақалада инновациялық жабдық «су-видті» пайдалана отырып, ет өнімдерінің технологиясының негізгі принциптері мен тамақ өнеркәсібіндегі маңызы және әсері қарастырылады. Бұл зерттеуде шикізат көзі ретінде сиыр еті, қой еті және тауық еті пайдаланылды. Әртүрлі жылу өңдеу әдістері қолданылған: дәстүрлі әдіс және «су-вид» технологиясы.

Азық-түлік өнімдерін жеткілікті мөлшерде функционалды көрсеткіштермен өндіру қазіргі тамақ өнеркәсібінің маңызды міндеттерінің бірі, себебі адамның денсаулығы негізінен күнделікті тұтынатын тағамдарға байланысты. Жоғарыда аталған әдістер бойынша ет үлгілерінің дайындалу барысында өнімнің сапасы, тиімділігі өңдеу әдістерімен зерттеулер жүргізілді.

Жергілікті шикізаттардың (сиыр, қой, тауық еті) потенциалын толық пайдаланудың бір жолы – инновациялық жабдықтарды қолдану болып табылады. Су-вид әдісінің теориялық негізі өнімнің сұйықтықпен байланысын және температураның тағамның ішіне біркелкі таралуын қамтамасыз ету болып табылады. Су-вид әдісі өте төмен температурада (50-дан 85°C аралығында) ұзақ уақыт бойы (1-ден 72 сағатқа дейін) азық-түліктерді пісіруді қамтиды. Бұл процесс тағамды дәстүрлі тәсілдерге қарағанда әлдеқайда жақсы сақтайды, өйткені су-вид технологиясында сыртқы температураның шектелген диапазоны ішкі температураның тұрақты болуын қамтамасыз етеді.

Тәжірибе барысында анықталғандай сиыр, қой және тауық еттерінің технологиялық көрсеткіштері әртүрлі ерекшеліктерге ие. «Су-вид» технологиясы арқылы алынған еттің сапасын сақтау және өңдеу барысында әрбір ет өнімінің өзіндік ерекшеліктері ескерілді.

«Су-вид» технологиясы арқылы өңделген еттің сапасы мен дәмі жоғары сақталады, бірақ әртүрлі ет түрлерінің құрамындағы май, ақуыз және минералды заттардың қатынасы олардың тағамдық құндылығына және қасиеттеріне әсер етеді.

Түйін сөздер: су-вид, жылулық өңдеу, әдістер, түстік сипаттамалар, вакуум, төменгі температурада өңдеу, сақтау мерзімі.

Кіріспе

Қазіргі таңда тамақ өнеркәсібінің басты міндеті – халықты теңдестірілген дұрыс тамақпен қамтамасыз ету, өйткені адамның денсаулығы көп жағдайда оның ағзасына түсетін энергия мен қажетті тағамдық заттардың жеткіліктілігіне байланысты. Сонымен қатар, функционалдық бағыттағы тамақ өнімдерін жасау өзекті болып табылады. Мұндай тағам өнімдерінің ассортиментін қалыптастыруда жаңа рецептер мен технологияларды әзірлеуге үлкен мән беріледі [1]. Бұл ретте өңдеу процесінде олардың жоғары биологиялық және тағамдық құндылығын сақтау, тағамдық заттардың ағзаға сіңуін арттыру мәселесіне де ерекше назар аудару қажет [2, 3].

«Су-вид» французша «вакуумда» дегенді білдіреді, қазіргі уақытта әртүрлі дайындық дәрежесіндегі жартылай фабрикаттарды өндіру ет өнеркәсібі кәсіпорындарының өнім ассортиментіндегі қарқынды дамып келе жатқан бағыттардың бірі болды. Ет шикізатын өңдеудегі негізгі мәселелер — бұл салмақтың жоғалуы және термиялық өңдеу процесінде биологиялық және тағамдық құндылықтың төмендеуі. Соңғы уақытта кеңінен қолданылатын «су-вид» технологиясы жоғарыда аталған қалаусыз нәтижелерді төмендетуге мүмкіндік береді [4].

«Су-вид» процесінің минималды өңделген тағам өнімдерінің сақтау мерзімін ұлғайту мүмкіндіктері 1990-жылдардан бастап белсенді зерттеліп келеді [7].

«Су-вид» өңдеу – бұл термиялық өңдеуді қажет ететін шикізатты вакуумда тығыз жабылған термостабильді пластик пакеттерде арнайы температурада (әдетте 65-95 °С) ұзақ уақыт бойы өңдеу процесі, соңынан өнімді жылдам салқындату (көбінесе өнімнің ортасындағы температура 3°С жеткенше). Кейбір жағдайларда өнімді мұздату да қолданылады, одан кейін өнім төмен температурада (салқындатылған өнімдер үшін 0-3 °С) сақталады [8].

«Су-вид» технологиясы өнімдердің табиғи ылғалдылығын және табиғи түрін сақтайды. Вакуумды орау арқылы дәмдеуіштер тағамға тереңірек енеді, оның дәмі мен хош иісі айқын және күштірек болады. Егер ет қатты болса, төмен температурада ұзақ пісіру коллаген талшықтарының гидролизі нәтижесінде оны жұмсақ әрі нәзік етеді, сонымен қатар желатиннің түзілуіне әкеледі. Бұл технология қоғамдық тамақтандыруда кездесетін бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік береді [11].

Ет өнімдері – бұл мал мен құс етінен, сондай-ақ осы еттен алынған әртүрлі өнімдерден дайындалатын тағамдар. Олар жоғары тағамдық құндылыққа ие, себебі құрамында адам ағзасына қажетті белоктар, майлар, дәрумендер мен минералды заттар көп мөлшерде болады. Ет өнімдері мал шаруашылығы мен агроөнеркәсіптік кешеннің маңызды саласы ретінде тек тамақ өндірісінде ғана емес, сонымен қатар экономика мен ауыл шаруашылығында да маңызды рөл атқарады.

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты-«су-вид» әдісімен ет өнімдеріндегі ақуыз, темір және фосфордың сақталуына әсерін талдау.

Зерттеу объектілері мен әдістері

Зерттеу объектілеріне шикізат ретінде сиыр, қой және тауық еттері (МЕМСТ 33818-2016 «Ет. Жоғары сапалы сиыр еті. Техникалық шарттар», МЕМСТ 32605-2013, МЕМСТ 31962-2013) су-вид технологиясы бойынша және дәстүрлі әдістермен дайындалған ет өнімдері: пеште пісіру.

Зерттеу стандартты әдістер МЕМСТ 25011-2017, МЕМСТ 26928-86, МЕМСТ 9794-2015 бойынша жүргізілді.

Анықтау әдісі өнімнің құрамындағы темір, фосфор және ақуызды анықтауға негізделген. Бұл әдіс өнімнің үлгісін химиялық талдау үшін дайындауды, қажетті реагенттермен реакция жасау арқылы анализдер жүргізуді, алынған нәтижелерді салыстыру мен есептеуді қамтиды. Талдау нәтижесінде алынған деректердің негізінде темір, фосфор және ақуыздың нақты мөлшері анықталады. Нормативтік құжаттарға сәйкес, осы элементтердің көрсеткіштері белгілі бір шектерде болуы тиіс.

Ғылыми нәтижелер және оларды талқылау

Тәжірибелік өнімнің қысқаша технологиясы: «Сиыр, қой және тауық етін су-вид технологиясы бойынша әзірлеу». Ет шикізатынан тамақ өнімдерін су-вид технологиясы бойынша дайындау үшін Strba SV 2 құрылғысы қолданылды.



Сурет – 1 «Су-вид» әдісімен өнімдер дайындауға арналған құрылғы

Strba SV 2 – бұл су-вид әдісі бойынша тағам дайындауға арналған арнайы құрылғы. Ол судың температурасын дәл бақылап, тұрақты деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді. Құрылғыда температура сенсоры мен жылыту жүйесі бар, ол судың температурасын белгіленген мәнге дейін қыздырып, оны тұрақты түрде ұстап тұрады. Құрылғының температура диапазоны әдетте 40°C-тан 90°C-қа дейін өзгереді, бірақ кейбір модельдерде бұл ауқым кеңірек болуы мүмкін. Құрылғының тиімді жұмыс істеуі үшін су көлемі белгілі бір шектеулерге сәйкес болуы қажет. Сондай-ақ, құрылғыда сандық дисплей орнатылған, ол пайдаланушыға температура мен пісіру уақытын нақты бақылауға мүмкіндік береді. Пісіру уақытын дисплей арқылы орнатуға болады.

Құрылғының негізгі жұмыс істеу принциптері:

1. Вакуумды орау: Өнім алдымен вакуумды қаптамаға салынып, ауа шығарылып, пакеттер тығыз жабылады.
2. Температураны бақылау: Вакуумдалған пакетті құрылғыға салып, оны қажетті температураға дейін қыздырады. Температура өзгермей, тұрақты сақталады.
3. Ұзақ уақыт пісіру: Өнім белгілі бір уақыт бойы сол температурада піседі, бұл дәмінің сақталуын және дайын тағамның ең жоғары сапасын қамтамасыз етеді.
4. Өнім дайын болғанда: Құрылғы өшеді немесе белгіленген уақыт аяқталғанын көрсетеді.

Эксперименттік үлгілерді дайындау үшін қолданылатын шикізаттар: сиыр еті, қой еті, тауық еті, кориандр, розмарин, тимьян, сарымсақ, бұрыш, сары май. «Су-вид» технологиясына дайындық келесі түрде жүргізіледі: еттің әртүрлі түрлері 80-100 г аралығында кесіліп, кориандр, розмарин, тимьян, сарымсақ, бұрыш қосылған қоспамен маринадталады. Маринадталған ет кесектері азық-түлікке арналған вакуумды пакетке салынады. Вакуумды пакеттер полиамидті-полиэтиленді материалдан жасалады, қалыңдығы 150-200 микрон. Бұл материалдар жоғары температураға төзімді және вакуумда етті жақсы сақтауға мүмкіндік береді. Вакуумды пакетке 3 г май салынып, вакууматор арқылы ауа сорылады. Содан кейін «Су-вид» су толтырылған ыдыста:

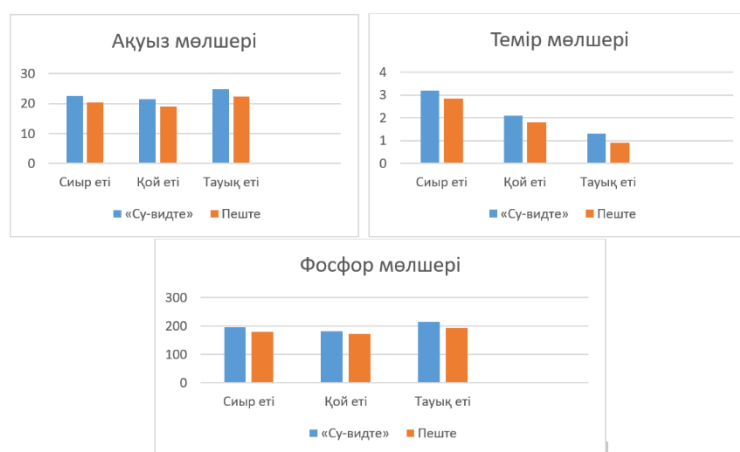
- Сиыр еті 58°C температурада 2 сағат бойы пісіріледі.
- Қой еті 65°C температурада 3 сағат бойы пісіріледі.
- Тауық еті 70°C температурада 1,5 сағат бойы пісіріледі.

«Су-вид» технологиясы бойынша 3 өнім дайындалды (сиыр, қой, тауық еті), дәстүрлі технологиямен пісірілген 3 өнім дайындалды (сиыр, қой, тауық еті).



Сурет – 2 үлгілерді дайындау процесі

Зерттеу стандартты әдістер МЕМСТ 25011-2017, МЕМСТ 26928-86, МЕМСТ 9794-2015 нәтижелері бойынша «су-вид» технологиясында пісірудің артықшылықтары айқын байқалды. Бұл әдіс кезінде еттің құрамындағы минералдар мен витаминдер дәстүрлі пісіру әдістеріне қарағанда көп сақталады. Себебі, төмен температурада және ұзақ уақыт бойы пісірілетіндіктен, пайдалы заттардың ыдырауы минималды болып табылады. Сонымен қатар, «су-вид» әдісі еттің дәмін, құрылымын және сенсорлық қасиеттерін сақтайды, бұл өнімнің тұтыну сапасын жоғарылатады.



Сурет – 3 «Су-вид» және дәстүрлі технологияда дайындалған өнімдердегі ақуыз, темір және фосфор мөлшерлерінің әсері

Зерттеу барысында «су-вид» әдісімен дайындалған өнімдердің сақтау мерзімі дәстүрлі әдістермен дайындалған өнімдерге қарағанда ұзақ болатындығы анықталды. «Су-вид» және дәстүрлі пісіру әдістерінің еттің қоректік құрамына, атап айтқанда ақуыз, темір және фосфор мөлшеріне әсері зерттеу барысында айқындалды.

Кесте – 1 «Су-вид» және дәстүрлі технологияда дайындалған өнімдердегі ақуыз мөлшері

Өнім	Ақуыз мг/100 г («су-вид»)	Ақуыз мг/100 г (пеште)
Сиыр еті	22,43	20,33
Қой еті	21,35	18,98
Тауық еті	24,72	22,23

Кестедегі мәліметтер бойынша, «су-вид» әдісімен дайындалған сиыр етінде шикі күйінде 22,43 мг/100 г ақуыз бар, ал пеште пісіргеннен кейін ол 20,33 мг/100 г-ға төмендеді. Қой етінде «су-вид» әдісімен 21,35 мг/100 г ақуыз, ал пеште пісіргеннен кейін 18,98 мг/100 г-ға дейін азаяды. Тауық етінде «су-вид» әдісімен 24,72 мг/100 г ақуыз бар, ал пеште пісіргеннен кейін 22,23 мг/100 г-ға төмендейді. Бұл көрсеткіштер термиялық өңдеудің ақуыздың концентрациясына әсер ететінін және еттің ылғалдылығын жоғалтуы мен жоғары температураның ақуыз молекулаларына әсер етуі нәтижесінде ақуыздың азаяуын айғақтайды.

Кесте – 2 «Су-вид» және дәстүрлі технологияда дайындалған өнімдердегі темір мөлшері

Өнім	Темір мг/100 г («су-вид»)	Темір мг/100 г (пеште)
Сиыр еті	3,18	2,83
Қой еті	2,10	1,80
Тауық еті	1,30	0,90

Темір мөлшеріне келсек, сиыр етінде «су-вид» әдісімен 3,18 мг/100 г темір бар, ал пеште пісіргеннен кейін ол 2,83 мг/100 г дейін төмендейді. Қой етінде «су-вид» әдісімен 2,10 мг/100 г темір бар, пеште пісіргеннен кейін 1,80 мг/100 г төмендейді. Тауық етінде «су-вид» әдісімен 1,30 мг/100 г темір бар, ал пеште пісіргеннен кейін 0,90 мг/100 г дейін азаяды. Бұл көрсеткіштер термиялық өңдеудің темірдің құрамына теріс әсерін тигізетінін және жоғары температураның микроэлементтердің кейбір бөлігін ыдырататынын немесе жоғалтатынын көрсетеді.

Кесте – 3 «Су-вид» және дәстүрлі технологияда дайындалған өнімдердегі фосфор мөлшері

Өнім	Фосфор мг/100 г («су-вид»)	Фосфор мг/100 г (пеште)
Сиыр еті	196,12	178,42
Қой еті	181,62	172,43
Тауық еті	213,56	194,34

Фосфор мөлшері де термиялық өңдеу барысында азаяды: сиыр етінде «су-вид» әдісімен 196,12 мг/100 г фосфор бар, ал пеште пісіргеннен кейін 178,42 мг/100 г болады. Қой етінде «су-вид» әдісімен 181,62 мг/100 г фосфор бар, ал пеште пісіргеннен кейін 172,43 мг/100 г дейін төмендейді. Тауық етінде «су-вид» әдісімен 213,56 мг/100 г фосфор бар, ал пеште пісіргеннен кейін 194,34 мг/100 г азайды. Кестедегі мәліметтерге сәйкес ет түрлерінің барлық көрсеткіштері дәстүрлі пісіруден (пеште) кейін оның құрамындағы қоректік заттардың мөлшері азайып, кейбір өзгерістердің орын алатынын көрсетеді.

Осылайша, зерттелген мәліметтер көрсеткендей, еттің термиялық өңделуі оның қоректік құндылығына әсер етеді, әсіресе ақуыз, темір және фосфор секілді маңызды микроэлементтердің мөлшеріне. Термиялық өңдеу кезінде бұл элементтердің мөлшері төмендейді, бұл еттің ылғалдылығының жоғалуы және белгілі бір қоректік заттардың ыдырауымен түсіндіріледі. Алайда, әртүрлі ет түрлері арасындағы айырмашылықтар мен олардың термиялық өңдеуге деген реакциясы еттің тағамдық сапасы мен қоректік құндылығын анықтауға маңызды болып табылады.

«Су-вид» технологиясы етті төмен температурада ұзақ уақыт бойы пісіру арқылы қоректік заттардың жоғалуын минималды етеді. Бұл әдіс еттің табиғи шырындары мен минералды заттарын сақтап қалуға мүмкіндік береді, нәтижесінде ақуыз, темір және фосфордың мөлшері дәстүрлі пісіру әдістеріне қарағанда жоғары деңгейде сақталады.

«Су-вид» технологиясымен пісіру кезінде ақуыздың сақталуы шамамен 85-90%, ал темір мен фосфордың сақталуы 80-90% деңгейінде болды. Сонымен қатар, дәстүрлі пісіру әдісінде жоғары температураның әсерінен еттің қоректік заттары, әсіресе минералдар мен дәрумендер, біршама жоғалады. Бұл әдіс кезінде ақуыздың сақталуы 75-80%, темір мен фосфордың сақталуы 70-80% аралығында болды. Осылайша, су-вид пісіру әдісі қоректік заттарды жақсы сақтай отырып, еттің сапасын жақсартады, ал дәстүрлі әдіс еттің қоректік құндылығын азайтады.

Қорытынды

«Су-вид» технологиясы ет өнімдерін дайындаудың ең тиімді және пайдалы әдістерінің бірі болып табылады. Сонымен қатар, вакуумдық қаптама мен температураның дәл бақылауы патогенді микроорганизмдерді жоюға мүмкіндік береді, бұл өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді [10].

«Су-вид» әдісінің тағы бір маңызды артықшылығы — өнімнің сақтау мерзімін ұзарту. Бұл технология ет өнімдерін сақтау кезінде олардың сапасын сақтауға және қайта ластану қаупін болдырмауға көмектеседі. Сонымен қатар, бұл әдіс дәстүрлі пісіру әдістерімен салыстырғанда тағамдардың дәмі мен құрылымын жақсартады, себебі ет өз шырындарын сақтайды [11].

Жалпы алғанда, «су-вид» пісіру әдісі қазіргі таңда денсаулыққа пайдалы, қауіпсіз және жоғары сапалы өнімдер жасауға мүмкіндік беретін инновациялық әдіс болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products / Domínguez R. et al // *Food Science*. – 2021. – V. 37. – P. 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.005>.
2. Родионова Н.С. Sous-vide обработка мелкокусковых полуфабрикатов из мяса говядины: режимы и показатели качества / Н.С. Родионова, Е.С. Попов // *Пищевая промышленность*. – 2015. – № 10. – P. 32-34.
3. Намсараева З.М. Технология приготовления функционального продукта из конины в соусе / З.М. Намсараева, И.В. Хамаганова, Т.Ц. Дамдинова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2021. – № 1. – С. 77-85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-77-85>.
4. Цифровые методы экспресс-диагностики качества веществ различной физико-химической природы / В.А. Ткаль и др. // *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии*. 2016. – Т. 8, № 1. – С. 55-72.
5. Chang W-C. Development of a topical applied functional food formulation: Adlay bran oil nanoemulgel / W-C. Chang, Y-T. Hu, Y. Ting // *LWT*. – 2019. – V. 117. – P. 117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108619>.
6. Berdigaliuly S. Perspectives for the application of the sous-vide cooking in the development of products for public catering / S. Berdigaliuly // *Slovak Journal of Food Sciences*. – 2022. – № 16.

7. Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review. / D.E. Baldwin // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2012. – № 1. – P. 15-30.
8. Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method / P. Diaz et al // Meat Science. – 2008. – № 80. – P. 287-292.
9. Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins / M. Roldan et al // Meat Science. – 2013. – № 93. – P. 572-578.
10. Болдуин, Д. Практическое руководство для приготовления по «су-вид» технологии / Д. Болдуин // Международный журнал гастрономии и пищевых наук. – 2012. <http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html>.
11. Keller T. Under Pressure: Cooking Sous Vide / T. Keller. – New York, NY: Artisan, 2008. – 296 p.

References

1. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products / Domínguez R. et al // Food Science. – 2021. – V. 37. – P. 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.005>. (In English).
2. Rodionova N.S. Sous-vide obrabotka melkokuskovykh polufabrikatov iz myasa govядины: rezhimy i pokazateli kachestva / N.S. Rodionova, E.S. Popov // Pishchevaya promyshlennost'. – 2015. – № 10. – R. 32-34. (In Russian).
3. Namsaraeva Z.M. Tekhnologiya prigotovleniya funktsional'nogo produkta iz koniny v souse / Z.M. Namsaraeva, I.V. Khamaganova, T.T.S. Daminova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2021. – № 1. – S. 77-85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-77-85>. (In Russian).
4. Tsifrovye metody ehkspress-dagnostiki kachestva veshchestv razlichnoi fiziko-khimicheskoi prirody / V.A. Tkali' i dr. // Radioelektronika. Nanosistemy. Informatsionnye tekhnologii. 2016. – T. 8, № 1. – S. 55-72. (In Russian).
5. Chang W-C. Development of a topical applied functional food formulation: Adlay bran oil nanoemulgel / W-C. Chang, Y-T. Hu, Y. Ting // LWT. – 2019. – V. 117. – P. 117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108619>. (In English).
6. Berdigaliuly S. Perspectives for the application of the sous-vide cooking in the development of products for public catering / S. Berdigaliuly // Slovak Journal of Food Sciences. – 2022. – № 16. (In English).
7. Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review. / D.E. Baldwin // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2012. – № 1. – R. 15-30. (In English).
8. Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method / P. Diaz et al // Meat Science. – 2008. – № 80. – R. 287-292. (In English).
9. Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins / M. Roldan et al // Meat Science. – 2013. – № 93. – R. 572-578. (In English).
10. Bolduin, D. Prakticheskoe rukovodstvo dlya prigotovleniya po «su-viD» tekhnologii / D. Bolduin // Mezhdunarodnyi zhurnal gastronomii i pishchevykh nauk. – 2012. <http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html>. (In Russian).
11. Keller T. Under Pressure: Cooking Sous Vide / T. Keller. – New York, NY: Artisan, 2008. – 296 p. (In English).

Н.А. Алдабергенова*, Э.Л. Қасенов

Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Жеңіс, 62

*e-mail: nosyadem@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОВЯДИНЫ, БАРАНИНЫ И КУРИЦЫ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ СУ-ВИД

В статье рассматриваются основные принципы технологии «су-вид» с использованием инновационного оборудования, а также ее значение и влияние на мясную промышленность. В данном

исследованиях в качестве сырья использовались говядина, баранина и курица. Применялись различные методы термической обработки: традиционный метод и технология «су-вид».

Одной из важных задач современной пищевой промышленности является производство продуктов питания с достаточным количеством функциональных показателей, поскольку здоровье человека во многом зависит от пищи, которую он потребляет ежедневно. В ходе приготовления мясных образцов с использованием упомянутых методов, были проведены исследования, направленные на анализ качества, эффективности и обработки продуктов.

Один из способов полного использования потенциала местных сырьевых материалов (говядины, баранины и курицы) – это использование инновационного оборудования. Теоретическая основа метода су-вид заключается в обеспечении равномерного распределения температуры и контакта с жидкостью внутри продукта. Метод су-вид включает в себя длительное приготовление продуктов при очень низких температурах (от 50 до 85°C) в течение продолжительного времени (от 1 до 72 часов). Этот процесс гораздо лучше сохраняет продукты по сравнению с традиционными методами, так как в технологии су-вид ограниченный диапазон внешней температуры способствует поддержанию стабильной внутренней температуры.

В ходе эксперимента было установлено, что технологические показатели говядины, баранины и курицы имеют различные особенности. При применении технологии «су-вид» учитывались индивидуальные особенности каждого мясного продукта при сохранении его качества и обработки.

Качество и вкус мяса, обработанного по технологии «су-вид», сохраняются на высоком уровне, однако соотношение жиров, белков и минералов в различных видах мяса влияет на их питательную ценность и свойства.

Ключевые слова: су-вид, термическая обработка, методы, цветовые характеристики, вакуум, обработка при низких температурах, срок хранения.

N.A. Aldabergenova*, A.L. Kassenov

S. Seifullin Kazakh Agro-Technical Research University,
010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62, Zhenis Avenue

*e-mail: nosyadem@mail.ru

PHYSICOCHEMICAL CHANGES IN BEEF, LAMB, AND CHICKEN COOKED USING THE SOUS-VIDE METHOD

The article discusses the basic principles of the «sous-vide» technology using innovative equipment, as well as its significance and impact on the meat industry. In this study, beef, lamb, and chicken were used as raw materials. Various thermal processing methods were applied: the traditional method and the «sous-vide» technology.

One of the important tasks of modern food industry is to produce food products with sufficient functional indicators, as human health is largely determined by the food consumed daily. During the preparation of meat samples using the afore mentioned methods, research was conducted to analyze the quality, effectiveness, and processing methods of the products.

One way to fully utilize the potential of local raw materials (beef, lamb, and chicken) is the use of innovative equipment. The theoretical basis of the sous-vide method lies in ensuring uniform temperature distribution and contact with liquid inside the product. The sous-vide method involves long-term cooking of foods at very low temperatures (ranging from 50 to 85°C) for an extended period (from 1 to 72 hours). This process preserves the food much better compared to traditional methods, as the limited range of external temperature ensures a stable internal temperature.

The experiment showed that the technological indicators of beef, lamb, and chicken have different characteristics. When using the «sous-vide» technology, the unique characteristics of each meat product were taken into account while preserving its quality and processing.

The quality and taste of meat processed using the "sous-vide" technology remain high, but the ratio of fat, protein, and minerals in different types of meat affects their nutritional value and properties.

Key words: sous-vide, thermal processing, methods, color characteristics, vacuum, low-temperature processing, shelf life.

Авторлар туралы мәліметтер

Назым Аблайқызы Алдабергенова* – «Тамақ өнімдерінің технологиясы» білім беру бағдарламасының магистранты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: nosyadem@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8399-6998>.

Әміржан Леонидович Қасенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры.; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Сведения об авторах

Назым Аблайкызы Алдабергенова* – магистрант образовательной программы «Технология продуктов питания», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: nosyadem@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8399-6998>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Information about the authors

Nazym Aldabergenova* – PhD student of the «Food Technology» educational program, S. Seifullin Kazakh Agro-Technical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: nosyadem@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8399-6998>.

Amirjan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Technology of Food and Processing Industries», S. Seifullin Kazakh Agro-Technical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Редакцияға енуі 10.02.2025

Өңдеуден кейін түсуі 17.02.2025

Жариялауға қабылданды 18.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-28](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-28)



MPHTI: 65.01.90; 65.39.33

Г.Х. Оспанкулова¹, М. Мұратхан², В. Ли³, Е.П. Евлампиева², Е.Е. Ермаков^{1*}

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, 010000, Республика Казахстан, г. Астана, Женис, 62

²Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глилки, 20 А

³Северозападный университет сельского и лесного хозяйства 050040, Китайская Народная Республика, г. Янлин, пр. Тайчен, 3

*e-mail: yernazyermekov@outlook.com

БИОРАЗЛОЖЕНИЕ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА И МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА

Аннотация: Проблема загрязнения окружающей среды пластиком приобрела глобальный характер, что делает разработку биоразлагаемых материалов крайне актуальной задачей. Традиционные пластиковые упаковки разлагаются сотни лет, вызывая накопление отходов в почве, воде и атмосфере. В данной работе исследуется процесс биоразложения пищевых пленок на основе поликапролактона (PCL) и модифицированного крахмала, а также их экотоксикологическое влияние. Экспериментально определены скорость разложения пленок в естественных условиях и в компосте, а также их устойчивость к воздействию микроорганизмов. Результаты показали, что биоразложение пленок напрямую зависит от содержания крахмала: чем выше его концентрация, тем быстрее пленка разлагается. В компостных условиях этот процесс идет значительно интенсивнее, чем в природной среде, что делает возможным их промышленную утилизацию. В то же время, высокая концентрация PCL замедляет биоразложение, но при этом повышает стабильность пленки. Экотоксикологические испытания подтвердили, что продукты разложения пленок не оказывают вредного влияния на почвенные микроорганизмы. Это делает их перспективным решением для создания экологически безопасной пищевой упаковки. Полученные результаты демонстрируют возможность широкого применения PCL-крахмальных композитов, а также необходимость дальнейших исследований по оптимизации их состава. Внедрение таких материалов в промышленное производство позволит снизить нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: биоразлагаемые пленки, крахмал, поликапролактон (PCL), механическая прочность, биоразложение, микробиологическая устойчивость.

Введение

На современном этапе развития синтетические пластики остаются доминирующим материалом благодаря их низкой стоимости, универсальности и высоким эксплуатационным характеристикам, таким как прочность, химическая устойчивость и лёгкость обработки [1]. Однако их экологическая устойчивость, достигающая сотен лет, превратилась в глобальную угрозу. По данным ОЭСР, ежегодно в мире образуется более 400 млн тонн пластиковых отходов, из которых лишь 9% перерабатывается, 19% сжигается, а остальные 72% накапливаются на полигонах, в водных экосистемах и почвах [2]. Пластиковое загрязнение затрагивает все экосистемы: от глубоководных желобов Марианской впадины до арктических льдов, где микропластик обнаруживается в концентрациях до 12 000 частиц на литр льда [3].

Согласно стандартам ЕС, биоразлагаемый пластик должен в течение 6 (или 9) месяцев после компостирования разложиться на углекислый газ, воду и гумус. Эти вещества не должны содержать более 10% частиц размером более 2 мм [4]. Биоразложение композиций PCL-крахмал начинается с потребления крахмала и непрерывно увеличивается с увеличением содержания в натуральном наполнителе. Мониторинг толщины образца оказался полезным для измерения поверхностной эрозии и дополнением к сканирующей электронной микроскопии [5]. Другая возможность состоит в том, что количество образовавшейся двуокиси углерода, полученной в результате биоразложения исследуемого материала, можно измерить, сравнить с теоретическим максимальным количеством и записать как процент биоразложения [6]. Смесь пшеничного крахмала / алифатического полиэфира, исследованная Lim и др. [7] продемонстрировали отличную биоразлагаемость. Испытания на заложение в почве показали полное биоразложение в течение восьми недель. Bastioli и др. (1995) [8] сообщили об усилении биодеградации PCL в присутствии крахмала за счет увеличения площади поверхности для микробной атаки. Компост, полученный из биоразлагаемых пластиков вместе с другими органическими продуктами, увеличивает содержание органического углерода в почве, удерживает воду и питательные вещества, одновременно сокращая внесение удобрений и подавляя болезни растений. При компостировании биоразлагаемых пластиков также происходит переработка веществ, а не их «фиксация» в стойких материалах, особенно когда неразлагаемые пластики отправляются на свалку [9].

Rivard и др. [10] изучали анаэробное разложение ацетилованных крахмалов с DS в диапазоне от 0,3 до 2,4 в течение 98-дневного инкубационного периода. Авторы сообщили о резком снижении уровней деградации для образцов с уровнями DS от 1,2 до 1,7. При DS выше 1,7 ацетилованные крахмалы не поддаются биологическому разложению [10]. Устойчивость ацетилованных крахмалов к разложению может быть результатом плохого смачивания и, следовательно, ограниченного контакта микробов с поверхностью полимера в результате повышенной гидрофобности ацетилованных крахмалов или стерических затруднений со стороны присоединенных функциональных групп, которые препятствуют биоцидной активности.

Инновации, такие как ферментативная деградация пластика с помощью бактерий *Ideonella sakaiensis*, пока неэффективны в промышленных масштабах из-за низкой скорости разложения [11]. Биопластики на основе полимолочной кислоты (PLA) требуют специализированных компостеров, которых недостаточно даже в развитых странах [12-14]. Альтернативы, такие как упаковка из водорослей или мицелия, сталкиваются с проблемами масштабирования и конкуренцией с традиционными материалами по цене [15-18].

В ходе предыдущих исследований была разработана и оптимизирована технология получения биоразлагаемых пленок на основе ацетилованного крахмала и PCL. Оптимизация степени ацетилирования (DS) и составов композитов на их основе позволила добиться баланса между механической прочностью пленки и ее биоразлагаемостью, что является ключевым фактором для создания экологически безопасных упаковочных материалов.

Целью настоящей работы является оценка свойств разложения полученных пленочных материалов, а также их экотоксикологического воздействия.

Методы исследования

Исследованы пленки с составами: чистый PCL, PCL с добавлением 30% пшеничного А крахмала, PCL с добавлением 40% пшеничного А крахмала, PCL с добавлением 50% пшеничного А крахмала, PCL с добавлением 30% пшеничного В крахмала, PCL с

добавлением 40% пшеничного В крахмала, PCL с добавлением 50% пшеничного В крахмала. Пленки получали в пленочном экструдере из гранулированных в стренговом экструдере композитов с добавлением 10 процентов глицерина и 5 процентов карбоната кальция к сухой массе крахмала в экструдере.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) Микрофотографии были получены с использованием сканирующего электронного микроскопа (JSM-6360LV, JEOL, Япония). Образец крахмала прикрепляли к стержню СЭМ с помощью двусторонней клейкой проводящей ленты, а напыление проводили золотом, чтобы сделать образец проводящим. Затем смонтированный образец помещали на предметный столик СЭМ, и изображения записывали в цифровом виде при ускоряющем напряжении 10 кВ.

Биоразложение в естественных условиях проводилось в соответствии российским стандартом ГОСТ 9.060-75 «Ткани. Метод лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разложению». Почвенный компост был приготовлен из конского навоза, садовой земли и песка, взятых в равных количествах по массе в соответствии с ГОСТ 9.060 – 75 с небольшими модификациями. Компост перед испытанием выдержан 2 месяца при 20±5°C. В период хранения компост ежедневно перемешивали и раз в неделю определяли влажность по ГОСТ 3816-61. Влажность почвы должна быть 30±5%. Запас почвы должен обеспечивать проведение испытаний в течение года и сохраняться при постоянных условиях, в деревянных ящиках. Условия проведения эксперимента: влажность естественной среды была 25% и влажность компостной среды была около 100%, без доступа света, температура естественной среды – 20°C, компостной среды – 26°C, pH естественной среды – 6,5, pH компостной среды – 5,5. Ящики с грунтом хранились в лаборатории.

Для исследования 1 г компоста в котором были деградированы пленки добавляли в 10 мл стерилизованной дистиллированной воды и встряхивали в течение 1 мин, затем выдерживали в течение получаса. Суспензию компоста последовательно разбавляли до коэффициента (10^{-3}) и по 100 мкл с каждого разведения использовали для посева в чашки с питательной средой. Засеянные чашки хранили при 37 °C в инкубаторе (модель ЕС-20/60, ООО «Биосан», Латвия) в течение 24 ч. Подсчитывали колониеобразующие единицы бактерий [19]. Микробные популяции в образцах компоста рассчитывали (Колониеобразующая единица (сокр. КОЕ) на мл суспензии) по формуле (1).

$$\frac{\text{КОЕ}}{\text{мл}} = \frac{\text{Количество колоний на мл посева}}{\text{Общий коэффициент разбавления}} \quad (1)$$

где: КОЕ – колониобразующая единица на мл суспензии.

Микроборезистентность композиционных культур определяли на агаризованных средах (табл. 1) в соответствии с ISO EN 846.

Таблица 1 – Оценка интенсивности биообрастания композиционных пленок культурами сапротрофных грибов

Степень развития сапротрофных грибов (баллы)	Оценка материала
0	Материал не является питательной средой, нейтрален, грибоустойчив. Роста не наблюдается
1	Рост грибов не заметен невооружённым глазом, однако следы роста отчетливо видны под микроскопом
2	Материал содержит питательные вещества, которые обеспечивают незначительное развитие грибов. Рост грибов локализуется в нескольких местах, охватывая в целом не более 25% поверхности образца
3	Рост спор распределен более или менее равномерно на многих участках, охватывая в целом не более 50% поверхности
4	Рост отчетливо виден невооруженным глазом и занимает более 50% поверхности. Материал содержит достаточное количество питательных веществ, которые благоприятствуют развитию грибов
5	Очень сильный рост грибов, мицелий покрывает всю поверхность материала

В эксперименте были использованы культуры плесневых сапротрофных грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium pinophilum*, *Paecilomyces varioti*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, оценивали по интенсивности биообращения композиционных пленок культурами сапротрофных грибов в соответствии с ГОСТ 28206-89.

Результаты исследований

Биоразложение – это процесс химического разложения материалов в естественной среде. Однако следует отметить, что тест при закапывании в почву больше, чем какие-либо другие тесты, отражает реальные условия [20]. Были использованы два метода биоразложения. Хорошо известно, что метод закапывания в почву в естественной среде является медленным процессом, в основном, из-за низкой скорости просачивания. Поэтому чтобы ускорить процесс широко в лабораторных условиях используется специальная среда – компост с регулируемыми режимами. Биоразлагаемость образцов продукта оценивали по потере веса с течением времени в естественной почвенной [21] и компостной среде. Пробы композиционных пленок выкапывали с интервалом из естественной среды каждые 10 дней, из компоста каждые 5 дней, промывали дистиллированной водой, сушили в течение 24 ч при комнатной температуре и взвешивали.

Через 10 дней после помещения композиционных образцов в естественные условия среды были зафиксированы первые показатели потери массы. Потеря массы композиционных образцов в почве в естественных условиях и почвенном компосте в лабораторных условиях представлены на рисунке 1.

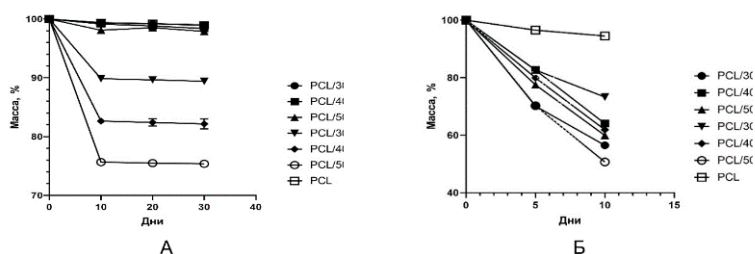


Рисунок 1 – Динамика потери массы композиционных пленок, заложенные в почве в естественных условиях и в компостной почвенной среде

А – биоразложение в естественной почвенной среде, Б – биоразложение в компостной почвенной среде

В течение биоразложения визуально наблюдали за происходящими изменениями в композиционных пленках. Полученные данные сравнивали с контрольным образцом.

До закладки пленки с добавлением ацелированного пшеничного крахмала типа А были прозрачными, с добавлением ацелированного пшеничного крахмала типа В – имели прозрачно-желтый цвет, после биоразложения кроме пленок PCL все композиционные пленки помутнели, что связано с микробиологической атакой на углеводную составляющую пленки и выделение продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, однако структурная матрица пленки осталась незатронутой.

В лабораторных условиях в компостной среде после 10 дней половина композиционных пленок полностью разложилась, кроме PCL и композиционных пленок с содержанием ацелированного пшеничного крахмала типа В

Из рисунка 1 хорошо видна динамика потери массы в естественной почвенной среде у следующих композиционных пленок: 70% PCL+30% ацелированного крахмала типа В, 60% PCL+40% ацелированного крахмала типа В, 50% PCL+50% ацелированного крахмала типа В.

Все композиционные пленки в компостной среде с содержанием ацелированного крахмала подвергались быстрому биоразложению в течение 10 дней. Биоразлагаемость на естественной почвенной среде была значительно слабее по сравнению с компостной средой.

Для оценки устойчивости проб композиционных пленок к микробиологическим штаммам проводили эксперимент с применением чистых культур почвенных плесневых грибов. В эксперименте были использованы культуры плесневых сапротрофных грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium pinophilum*, *Paecilomyces varioti*, *Trichoderma viride*, *Chaetomium globosum*, в соответствии с ISO EN 846 на агаризованных средах с композиционными пленками. Инкубация сред проводилась при относительной влажности более 90% и

температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Длительность испытаний на резистентность в общем составлял 27 дней с периодическим контролем (рис. 2).

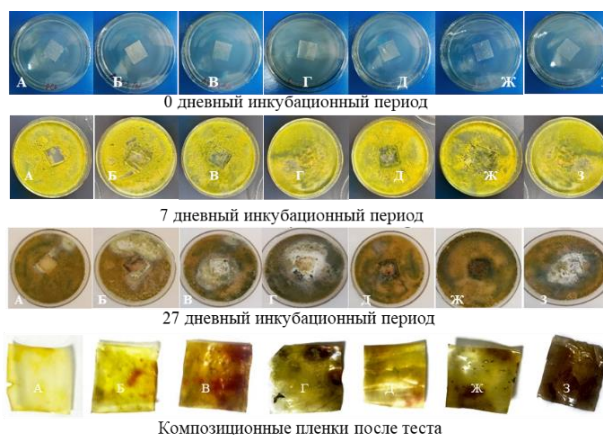


Рисунок 2 – Развитие почвенных плесневых грибов на композиционном полимере
 А – PCL, Б – PCL/30%A, В – PCL/40%A, Г – PCL/50%A, Д – PCL/30%B, Ж – PCL/40%B, З – PCL/50%B

В таблице 2 представлены результаты экотоксикологических исследований экстрактов компоста, в которых были проведены исследования по биоразложению.

Таблица 2 – Количество колоний бактерий (КОЕ) из водного экстракта компоста, содержащего разные образцы

Образец пленки	Количество КОЕ/мл $\times 10^4$
PCL	$0,69 \pm 0,03^a$
PCL/A30%	$1,30 \pm 0,07^c$
PCL/A40%	$1,73 \pm 0,09^b$
PCL/A50%	$2,09 \pm 0,11^d$
PCL/B30%	$1,96 \pm 0,10^b$
PCL/B40%	$2,21 \pm 0,14^d$
PCL/B50%	$2,38 \pm 0,15^d$
Целлюлоза	Бактериальный газон
Контроль	$0,7 \pm 0,03^a$

$p < 0,05$; Среднее значение $\pm SD$ ($n = 3$). Значения в пределах одного столбца, имеющие разные буквы, значимо различаются между собой по критерию Дункана ($p < 0,05$).

Интенсивность роста плесневых грибов на композиционной пленке оценивали визуально по балльной шкале в зависимости степени развития культур на поверхности. Первое наблюдение проводилось на 7-ой день после засева культур, в начале инкубации наибольший активность проявила *Trichoderma viride*, покрывая полностью поверхность чашки. После 14 дней наблюдался рост остальных сапротрофных грибов. В результате исследования на 27 сутки на чистом PCL без наполнителей рост сапротрофных грибов был локализован в нескольких местах, охватывая в целом не более 25% поверхности образца и оценка по балльной шкале – 2.

Интенсивность роста сапротрофных грибов первые 7 дней на композиционной пленке с 30-40% ацелированным пшеничным крахмальным наполнителем типа А был по балльной шкале равен – 4, т.е. рост грибов виден невооруженным глазом и занимал более 50% поверхности. Сильный рост был обнаружен на композиционной пленке с 50% ацелированным пшеничным крахмальным наполнителем типа А, по балльной шкале равен – 5, т.е. штаммы грибов покрывают всю поверхность материала.

Рост сапротрофных грибов на поверхности композиционных пленок с 30% ацелированным пшеничным В-крахмалом оценено по балльной шкале – 4, с увеличением с 40% в составе крахмала рост грибов охватывают всю поверхность композиционных пленок и оценен по балльной шкале – 5, это связано с маленьким размером гранул В крахмала, которые легко поддаются разрушению микроорганизмами и наличием белка, липидов, которые являются отличной питательной средой для грибов.

По истечению 27 дней на всех образцах, кроме роста *Trichoderma viride* наблюдаются рост остальных сапротрофных грибов, рост штаммов на поверхности PCL не активный, на том же уровне, что в первые 7 дней. Активность роста с 30-40% ацетилованным пшеничным крахмальным наполнителем типа А и В оценивается в 4 балла, по сравнению с 7 дневным ростом остался неизменным. А в остальных композиционных пленках невооруженным глазом виден активный рост всех видов сапротрофных грибов.

Обсуждение научных результатов

Исследования по устойчивости образцов пленок к микробиологическим штаммам показали, что композиционные пленки с увеличением концентрации крахмальных наполнителей более подвержены к микробиологическому разрушению. Однако, относительно устойчивыми к микроорганизмам были пленки с 30-40% ацетилованного пшеничного крахмала типа А и В, чем с 50%-ным крахмалом, что связано с приданием крахмалу гидрофобности при модификации.

Контроль – экстракт чистого компоста, целлюлоза. В холостом образце было обнаружено КОЕ $0,7 \times 10^4$, а целлюлоза полностью заросла микроорганизмами. Количество КОЕ было больше на всех образцах компоста, после биоразложения пленок, наполненных ацетилованным пшеничным А и В крахмалом с PCL, чем в контроле, что указывает на повышенный рост бактерий в образцах почвы. Следовательно, продукты биоразложения исследуемых пленок считаются нетоксичными.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили возможность использования природного и модифицированного пшеничного крахмала в качестве наполнителя для создания биоразлагаемых пленок на основе поликапролактона. Композиционные пленки с содержанием 30-40% ацетилованного крахмала обеспечили оптимальное сочетание механической прочности и скорости биоразложения, что делает их перспективными для применения в пищевой упаковке. Биоразложение в компостных условиях проходило значительно быстрее, чем в естественной почвенной среде, что свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения оптимальных условий для утилизации таких материалов. Результаты экотоксикологических исследований показали отсутствие токсичных эффектов, что подтверждает безопасность предложенных пленок для окружающей среды.

Список литературы

1. Rajendran R.C. Packaging applications of fungal mycelium-based biodegradable composites / R.C. Rajendran // Fungal Biopolymers and Biocomposites: Prospects and Avenues. – 2022. – P. 189-208.
2. OECD Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. – Paris: OECD Publishing, 2022.
3. Plastic pollution, waste management issues, and circular economy opportunities in rural communities / F.-C. Mihai et al // Sustainability. – 2021. – Т. 14, № 1. – P. 20.
4. European current standardization for plastic packaging recoverable through composting and biodegradation / M. Avella et al // Polymer testing. – 2001. – Т. 20, № 5. – P. 517-521.
5. Biodegradation of poly (ϵ -caprolactone)/starch blends and composites in composting and culture environments: the effect of compatibilization on the inherent biodegradability of the host polymer / R. Singh et al // Carbohydrate Research. – 2003. – Т. 338, № 17. – P. 1759-1769.
6. Biodegradation behaviors of thermoplastic starch (TPS) and thermoplastic dialdehyde starch (TPDAS) under controlled composting conditions / Y.-L. Du et al // Polymer Testing. – 2008. – Т. 27, № 8. – P. 924-930.
7. Structure and properties of biodegradable gluten/aliphatic polyester blends / S.W. Lim et al // European polymer journal. – 1999. – Т. 35, № 10. – P. 1875-1881.
8. Physical state and biodegradation behavior of starch-polycaprolactone systems / C. Bastioli et al // Journal of environmental polymer degradation. – 1995. – Т. 3. – P. 81-95.
9. Particle size and concentration of poly (ϵ -caprolactone) and adipate modified starch blend on mineralization in soils with differing textures / M. César et al // Polymer Testing. – 2009. – Т. 28, № 7. – P. 680-687.
10. Effects of natural polymer acetylation on the anaerobic bioconversion to methane and carbon dioxide / C. Rivard et al // Applied biochemistry and biotechnology. – 1992. – Т. 34. – P. 725-736.

11. Ideonella sakaiensis, PETase, and MHETase: From identification of microbial PET degradation to enzyme characterization / S. Yoshida et al // Methods in enzymology. – 2021. – Т. 648. – P. 187-205.
12. Fate of Biodegradable Polymers Under Industrial Conditions for Anaerobic Digestion and Aerobic Composting of Food Waste / F. Bandini et al // Journal of Polymers and the Environment. – 2020. – Т. 28. – P. 2539-2550.
13. Fogašová M. PLA/PHB-Based Materials Fully Biodegradable under Both Industrial and Home-Composting Conditions / M. Fogašová, S. Figalla, L. Danišová // Polymers. – 2022. – Т. 14.
14. Enhancing the biodegradation rate of poly(lactic acid) films and PLA bio-nanocomposites in simulated composting through bioaugmentation / E. Castro-Aguirre et al // Polymer Degradation and Stability. – 2018.
15. Challenges and Opportunities in Scaling up Architectural Applications of Mycelium-Based Materials with Digital Fabrication / S. Bitting et al // Biomimetics. – 2022. – Т. 7.
16. Biofabrication of Nanocellulose–Mycelium Hybrid Materials / N. Attias et al // Advanced Sustainable Systems. – 2020. – Т. 5.
17. Algae-Based Biodegradable Eco-Friendly Food Packaging Design: A Case-Control Study with Thermoforming Process / L.R. Parada et al // DYNA. – 2023.
18. Algal cellulose, production and potential use in plastics: Challenges and opportunities / E. Zanchetta et al // Algal Research. – 2021.
19. Preparation and characterization of polypropylene/poly lactide blends and nanocomposites and their biodegradation study / D.K. Mandal et al // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2021. – Т. 34, № 6. – P. 725-744.
20. Preparation and study of novel biodegradable blends based on gelatinized starch and 1, 4-trans-polyisoprene (gutta percha) for food packaging or biomedical applications / I. Arvanitoyannis et al // Carbohydrate Polymers. – 1997. – Т. 34, № 4. – P. 291-302.
21. Wu C.-S. Physical properties and biodegradability of maleated-polycaprolactone/starch composite / C.-S. Wu // Polymer degradation and stability. – 2003. – Т. 80, № 1. – P. 127-134.

Информация о финансировании

Данное исследование было профинансировано Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан BR22883587 «Совершенствование и разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для укрепления продовольственной безопасности РК».

Г.Х. Оспанкулова¹, М. Мұратхан², В. Ли³, Е.П. Евлампиева², Е.Е. Ермаков^{1*}

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, 071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А

³Солтүстік-Батыс асуыл және орман шаруашылығы университеті, 050040, Қытай Халық Республикасы, Янлин қаласы, Тайчен даңғылы, 3

*e-mail: yernazyermekov@outlook.com

ПОЛИКАПРОЛАКТОН ЖӘНЕ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ ТАҒАМДЫҚ ПЛЕНКАЛАРДЫҢ БИОЫДЫРАУЫ ЖӘНЕ ЭКОТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУЫ

Қазіргі таңда пластикалық қалдықтардың жиналуына байланысты биоыдырайтын материалдарды әзірлеу маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Полимерлердің қоршаған ортада ұзақ уақыт сақталуы экожүйелерге теріс әсерін тигізіп, топырақ пен су ресурстарын ластайды. Бұл зерттеу поликапролактон (PCL) және модификацияланған крахмал негізінде жасалған биоыдырайтын тағамдық пленкалардың ыдырау процесін және олардың экологиялық қауіпсіздігін бағалауға бағытталған. Зерттеу барысында пленкалардың табиғи ортада және компост жағдайында биоыдырау жылдамдығы, олардың микроорганизмдерге төзімділігі зерттелді. Нәтижелер пленкалардың биоыдырауы олардың құрамындағы крахмал мөлшеріне байланысты екенін көрсетті. Крахмалдың концентрациясы артқан сайын пленкалардың ыдырауы жылдамдайды, ал PCL мөлшері көп болған жағдайда ыдырау баяу жүреді. Бұл пленкалардың табиғи ортаға бейімделуін күшейтіп, олардың қоршаған ортада қауіпсіз ыдырауын қамтамасыз етеді. Компост жағдайында пленкалардың ыдырауы табиғи ортаға қарағанда бірнеше есе жылдам жүрді.

Экотоксикологиялық зерттеулер пленкалардың құрамында топырақ микроорганизмдерінің белсенділігіне теріс әсер ететін компоненттердің жоқ екенін дәлелдеді. Бұл биыдырайтын пленкалардың қоршаған ортаға зиянсыз екенін көрсетеді. Зерттеу нәтижелері PCL және модификацияланған крахмал негізіндегі пленкаларды экологиялық таза тағамдық орау материалдарын әзірлеуде қолдануға болатынын растайды. Бұл материалдардың болашағы зор және оларды өнеркәсіптік масштабта пайдалану экологиялық қауіпсіздікке оң әсер етеді.

Түйін сөздер: Биыдырайтын пленкалар, крахмал, поликапролактон (PCL), механикалық беріктік, биыдырау, микробиологиялық төзімділік.

G.Kh. Ospankulova¹, M. Murtkhan², W. Li³, Y.P. Yevlampiyeva², Y.Y. Yermekov^{1*}

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Avenue, 62

²Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinki Street, 20A

³Northwest A&F University,
050040, People's Republic of China, Yangling, Taichen Road, 3

*e-mail: yernazyermekov@outlook.com

BIODEGRADATION AND ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF FOOD FILMS BASED ON POLYCAPROLACTONE AND MODIFIED STARCH

The global issue of plastic pollution necessitates the development of sustainable biodegradable materials. Traditional plastic packaging takes hundreds of years to degrade, accumulating in soil, water bodies, and ecosystems. This study investigates the biodegradation process of food films based on polycaprolactone (PCL) and modified starch, as well as their environmental impact. The degradation rate of these films was analyzed under natural and composting conditions, along with their resistance to microbial exposure. The results demonstrated that biodegradation is directly influenced by starch content: higher concentrations led to faster degradation, making the films more adaptable to natural environmental cycles. In composting environments, decomposition occurred at a significantly accelerated rate compared to natural soil conditions, suggesting their potential for industrial composting. However, a higher PCL content slowed down biodegradation while increasing film stability. Ecotoxicological studies confirmed that the degradation products of these films did not negatively affect soil microbial activity, indicating their environmental safety. These findings highlight the potential of PCL-starch composites as eco-friendly packaging solutions. The study underscores the necessity for further optimization of biodegradable film formulations to enhance their performance in different environmental settings. Implementing these materials in commercial packaging could significantly reduce plastic waste and environmental pollution.

Key words: biodegradable films, starch, polycaprolactone (PCL), mechanical strength, biodegradation, microbiological resistance.

Сведения об авторах

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Марат Мұратхан – докторант кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Венхао Ли – PhD, и.о. ассоциированного профессора факультета пищевой технологии и инженерии Северозападного университета сельского и лесного хозяйства, KHP, e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Елена Петровна Евлампиева – кандидат биологических наук, координатор Центра организации научных исследований, Университет имени Шакарима города Семей; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Ерназ Ермакович Ермаков* – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Авторлар туралы мәліметтер

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Марат Мұратхан – Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің «Тамақ технологиясы» кафедрасының докторанты; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Венхао Ли – PhD, Қытайдың Солтүстік-Батыс ауыл және орман шаруашылығы университетінің тамақ технологиясы және инженерия факультетінің қауымдастырылған профессор м.а.; e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Елена Петровна Евлампиева – биология ғылымдарының кандидаты, Ғылыми зерттеулерді ұйымдастыру орталығының координаторы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Ерназ Ермекович Ермеков* – докторант, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістері технологиясы» кафедрасы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Information about the authors

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer at the Department of «Food and Processing Technologies», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Marat Muratkhan – Doctoral student at the Department of «Food Technology», Shakarim University; e-mail: marat@nwafu.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5428-0822>.

Wenhao Li – PhD, Acting Associate Professor at the Faculty of Food Technology and Engineering, Northwest A&F University, PR China; e-mail: liwenhao@nwsuaf.edu.cn. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5031-8717>.

Yelena Petrovna Yevlampiyeva – Candidate of Biological Sciences, Coordinator of the Research Organization Center, Shakarim University; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1953-3686>.

Yernaz Yermekovich Yermekov* – Doctoral student at the Department of «Food and Processing Technologies», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana; e-mail: yernazyermekov@outlook.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-9796>.

Поступила в редакцию 14.02.2025

Поступила после доработки 03.03.2025

Принята к публикации 06.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-29](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-29)

FTAXP: 65.59.29



Г.Е. Исламова*, А. А. Утебаева, А.Р. Тасполтаева, А.У. Шингисов

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,

Қазақстан Республикасы, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5

*e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

ЕТ КОТЛЕТТЕРІНІҢ ЖАҢА ТҮРІН ЖАСАУ ЖӘНЕ ӨНІМНІҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Ет жартылай фабрикаттарының құрамын өсімдік қоспаларымен толықтыру арқылы шикізаттың бір бөлігін алмастыру рецептураларын әзірлеу – ет өнімдерінің қолжетімділігін арттыру, олардың ассортиментін кеңейту және функционалдық қасиеттерін жақсарту мәселелерін шешудің перспективалы жолы болып табылады. Бұл жұмыста қызанақтың тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру мақсатында қызанақты қайта өңдеуден кейінгі екіншілік өнімі – қызанақ сығындысымен байытылған ет котлеттерін әзірлеу қарастырылды. Зерттеу барысы байытылған өнімнің органолептикалық, физикалық-химиялық, биохимиялық және микробиологиялық сипаттамаларын бағалауға бағытталған. Рецепттурадағы қызанақ сығындысының оңтайлы мөлшерін анықтау жүргізілді, сонымен қатар оның котлеттердің дәміне, құрылымына және хош иісті қасиеттеріне әсері зерттелді. 3% қызанақ сығындысын қосу өнімнің құрылымы мен дәміне теріс әсер етпестен сенсорлық сипаттамаларын жақсартатындығы анықталды. Сонымен қатар, өсімдік компонентінің өнімдегі липидтердің тұрақтылығына оң әсері расталды. Алынған нәтижелер тағамдық құндылығы мен экологиялық тұрақтылығы жоғары функционалды жартылай ет өнімдерін жасау үшін пайдаланылуы мүмкін. Ет өнеркәсібінде

денсаулыққа пайдалы және экологиялық таза өнімдерге сұраныс артып келеді. Өсімдік тектес биоактивті қосылыстармен байытылған функционалды ет өнімдері қажетті сенсорлық қасиеттерді сақтай отырып, олардың тағамдық құндылығын жақсартады.

Түйін сөздер: ет котлеттері, жартылай дайын өнімдер, қызанақ сығындысы; функционалдылық, антиоксиданттар, пероксид саны.

Кіріспе

Ет және ет өнімдері тағамдық құндылығы жоғары азық-түліктер болып табылады, сондықтан олардың бастапқы қасиеттерін сақтап қана қоймай, технологиялық өңдеу процесінде оларды жақсарту өте маңызды. Соңғы уақытта функционалды тағам өнімдеріне сұраныс айтарлықтай артуда [1]. Осыған байланысты өндірушілерге функционалды мақсаттағы ет жартылай фабрикаттарын әзірлеу міндеті тұр, олардың рецептурасында өсімдік компонентін қосу арқылы өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру қарастырылған [2, 3].

Тағам өнеркәсібі инновациялық, қоректік және тұрақты тағам өнімдеріне сұраныстың арқасында үздіксіз дамып келеді. Осындай жаңалықтардың бірі – қызанақ сығындысы, яғни қызанақтарды өңдеу кезінде пайда болатын қосымша өніммен байытылған ет котлеттерін әзірлеу [4].

Тағам өнеркәсібінің қалдықтарын жинау, өңдеу және пайдалану мәселелері бойынша ұсыныстар көбейіп, олардың пайдалы қосымша өнімдерге айналуының экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге көмектесетініне деген сұраныс та артуда [5].

Қызанақтарды өңдеу нәтижесінде пайда болатын қосымша өнімдер биоактивті ингредиенттерге өте бай болып келеді және көбінесе қызанық сығындысы (ҚС) деп аталады, олар негізінен қабықшадан және тұқымдардан тұрады, және аз мөлшерде етті бөліктері болады [6].

Әдебиет деректеріне сәйкес, қызанақтарды өңдеу қалдықтарын тағамдық өнімдерге енгізудің негізгі мақсаты – өнімді қоректік жағынан байыту, оны антиоксиданттардың, әсіресе ликопиннің көзі ету [7]. Кейбір зерттеулерде, сонымен қатар, қосымша өнімде антиоксиданттық қосылыстардың болуы арқылы липидтердің тотығуын немесе микроорганизмдердің өсуін тежеу қасиеті арқасында өнімдердің сақтау мерзімін ұлғайту мәселесі қарастырылған [8].

Ет жартылай фабрикаттарының рецептурасын әзірлеу, оның ішінде шикізаттың бір бөлігін өсімдік қоспаларымен алмастыру – ет өнімдерінің қолжетімділігін арттыру, олардың ассортиментін кеңейту және функционалды қасиеттерін жақсарту мәселесін шешудің перспективалы жолы болып табылады [9, 10].

Қызанақ сығындысы, яғни қызанақтарды қайта өңдеуден қалған қалдығымен байытылған ет котлетінің жаңа түрін әзірлеу және дайын өнімнің органолептикалық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу арқылы оның функционалдығын растау. Зерттеу міндеттері мыналарды қамтиды: өсімдік қоспасының оңтайлы мөлшерін анықтау; котлет үлгілерін дайындау және олардың негізгі сапалық көрсеткіштерін зерттеу; дайын өнімнің органолептикалық және физико-химиялық сипаттамаларын зерттеу, соның ішінде ақуыздар, майлар, минералды элементтер мөлшерін, сондай-ақ қызанақ сығындысының ет өнімдерінің тотығуын төмендетуге әсерін сипаттайтын пероксидтік санын анықтау.

Зерттеу әдіснамасы

Бұл жұмыста қызанақ сығындысы қосылған ет котлеттерінің әртүрлі концентрациялардағы үлгілері зерттелді. Ғылыми-зерттеу жұмысы барысында байытылған ет котлеттерінің органолептикалық, физико-химиялық, биохимиялық және микробиологиялық көрсеткіштері зерттелді. Үлгілерді зерттеу стандартты әдістемелер бойынша жүргізілді: МЕМСТ 32951-2014 «Ет жартылай фабрикаттары мен ет құрамды өнімдер», МЕМСТ 9959-2015 «Ет және ет өнімдері. Органолептикалық бағалау жүргізудің жалпы шарттары».

Тәжірибелік үлгілердің минералды құрамын зерттеу JSM-6490LV сканерлеуші электрондық микроскопының INCA Energy 350 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесі және NKL Basic поликристалды үлгілердің құрылымдық-мәтіндік талдау жүйесі арқылы жүргізілді. Зерттеулер Шымкент қаласындағы М.Ауэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Құрылымдық және биохимиялық материалдар» инженерлік бағыттағы аймақтық зертханасында жүргізілді. Ет котлеттерінің негізгі сапа көрсеткіштері (ақуыздар, майлар, минералды элементтер, ликопин мөлшері) қызанақ сығындысы ұнтағының мөлшеріне

байланысты зерттеліп, М. Әуезов атындағы ОҚУ-дың «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының зертханалық жағдайында анықталды.

Пероксидтік сан (ПС) йодид калиймен реакция нәтижесінде түзілетін бөлінген йодты титрлеу арқылы анықталады. Бұл үшін өнімнің өлшемді үлгісі алдымен сірке қышқылы мен хлороформ қоспасында (60:40 қатынаста) ерітіледі. Йодид калий қаныққан ерітінді түрінде қосылады. Содан кейін үлгілерді қараңғы жерде, оттегісіз ұстап, реакцияны тоқтату үшін су қосылады. Талдау барысында еріген оттегіні жою үшін белсенді араластыру жүргізіледі. Бөлінген йод кейін 0,002 М натрий тиосульфатымен титрленеді, индикатор ретінде крахмал пайдаланылады. Пероксидтік санның мәні МЕМСТ 34118-2017 «Ет және ет өнімдері. Пероксидтік саны анықтау әдісі» бойынша өнімнің 1 кг-на шаққандағы активті оттегінің миллиэквиваленттері (кейде миллимольдер) түрінде беріледі.

Зерттеу нәтижелерін талдау

Дәстүрлі құрамдастырылған ет котлеттерін дайындау технологиялық схемасы келесі операциялардан тұрады: қызанақ сығындысы ұнтағы мен дәмдік қоспаларды дайындау, құрамдастырылған ет фаршын жасау, жартылай фабрикаттарды қалыптастыру, өнімді сақтау және іске асыру. 1-ші кестеде қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған жаңа ет котлеттерінің рецептурасы көрсетілген.

Кесте 1 – Қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған ет котлетінің жаңа түрінің рецептурасы

№ п/п	Шикізат, кг 100г шикізатқа	№ 1 (бақылау)	Үлгі № 2 (1%)	Үлгі № 3 (3%)	Үлгі № 4 (5%)	Үлгі № 5 (7%)
1	Қой еті	38,7	38,2	37,2	36,2	35,2
2	Күркетауық еті	38,7	38,2	37,2	36,2	35,2
3	Тауық жұмыртқасы	10	10	10	10	10
4	Пияз	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
5	Бидай ұны	6	6	6	6	6
6	Гималай тұзы	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
7	Ұнтақталған қара бұрыш	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	Қызанақ сығындысы ұнтағы	-	1	3	5	7
	Барлығы	100	100	100	100	100

Органолептикалық бағалау – тағам өнімдерінің сапасын бағалауда маңызды кезең болып табылады, себебі ол тұтынушылардың қабылдауын және өнімді қабылдау деңгейін тікелей көрсетеді. Қызанақ сығындысы қосылған ұсақталған еттен жасалған құрамдастырылған котлеттер үшін органолептикалық бағалау сыртқы көрініс, түс, құрылым, дәм, хош иіс және жалпы қабылдану сияқты сенсорлық сипаттамаларды талдауды қамтиды. Бұл бағалау қызанақ сығындысын қосу өнімнің сенсорлық тартымдылығын төмендетпей, оны жақсартатынын қамтамасыз етеді (кесте 2).

Осылайша, жалпы қабылдану критерийі бойынша, 3% қызанақ сығындысы қосылған котлеттер барлық сенсорлық аспектілер бойынша тартымды болды, бұл тұтынушылардың жоғары қанағаттануына әкелуі тиіс.

1-ші суретте-де әртүрлі концентрациялардағы қызанақ сығындысы қосылған котлеттердің үлгілері көрсетілген.

Зерттеу барысында әртүрлі концентрацияларда қызанақ сығындысы қосылған дайын өнімдерде тағамдық ақуыздар мен майлардың мөлшері анықталды. Қызанақ сығындысының ет котлеттеріне қосылуы олардың функционалдық және сенсорлық қасиеттерін жақсартып қана қоймай, сондай-ақ олардың тағамдық құрамына, атап айтқанда ақуыздар мен майлардың мөлшеріне әсер етеді. Қызанақ сығындысы тағамдық талшықтарға, антиоксиданттарға және көмірсуларға бай болғанымен, ондағы ақуыздар мен майлардың мөлшері өте аз. Ет котлеттеріне қосылған кезде олар толтырғыш рөлін атқарып, тағамдық заттардың пропорцияларын өзгертеді.

2 суретте көрсетілген деректерді талдау көрсеткендей, рецептурадағы қызанақ сығындысы концентрациясының жоғарылауымен өнімдегі майдың төмендеу тенденциясы байқалады: қызанақ сығындысы қосылған кезде бақылау үлгісінде 25,46%-дан 18,82%-ға дейін. Бұл әсер қызанақ сығындысының құрамында аз мөлшерде майдың болуымен және ет шикізатын ішінара алмастыра отырып, оның массалық үлесін төмендететіндігімен түсіндіріледі.

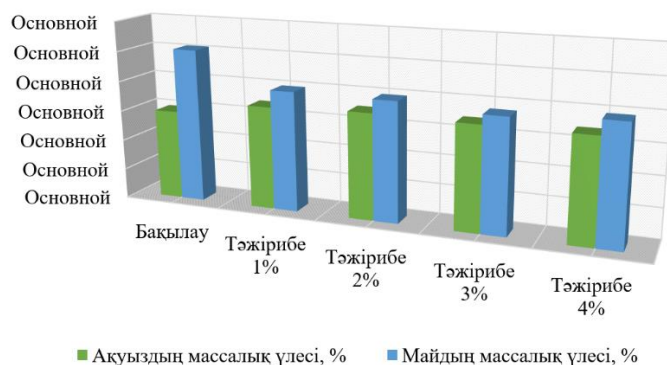
Кесте 2 – Критерийлер бойынша аралас тартылған құрамдастырылған котлеттердің сапасын бағалау

Қызанақ сығындысының әсері (ҚС):	Критерилері:	Үлгі № 1 (1%)	Үлгі № 2 (3%)	Үлгі № 3 (5%)	Үлгі № 4 (7%)
Сыртқы түрі мен түсі: Қызанақ сығындылары котлеттерге қызыл-қызғылт сары рең бере алады, ол көзбен тартымды және тым қарқынды болмауы керек	Котлеттер тұрақты түсі бар тартымды, біркелкі көрініске ие болуы керек	Тартымды, қызылдау	Тартымды, қызғылтым	Тым қарқынды	Тым қарқынды
Құрылымы: талшыққа бай қызанақ сығындылары құрылымына әсер етіп, ылғалдың сақталуын және байланыстырушы қасиеттерін жақсартады. Алайда, шамадан тыс сығынды дәнді немесе құрғақ құрылымға әкелуі мүмкін	Котлеттер ауызда жағымды сезілуі керек, нәзік құрылымға ие болуы керек.	массасы біртекті	массасы біркелкі	дәнділеу	дәнділеу
Дәмі: Котлеттердің дәмі жақсы теңдестірілген, бөтен дәмдерсіз етке тән дәмді болуы керек	Қызанақ сығындысы етке нәзік дәмді дәм беру керек, еттің дәмін басып түспей, толықтыру керек	Нәзік дәмді дәмі бар	Нәзік дәмді дәмі бар	Қышқыл ащылау дәм	Қышқыл ащы дәм
Хош иіс: котлеттер жағымды, тәбетті ашатын хош иіске ие болуы керек	Қызанақ сығындысы жалпы сенсорлық профильді жақсарту керек	Жұмсақ, балғын қызанақ ты хош иіс	Жұмсақ, балғын қызанақ ты хош иіс	Өткір қызанақ ты хош иісі	Өткір қызанақ ты хош иісі



Сурет 1 – Қызанақ сығындысы қосылған котлеттердің әртүрлі концентрациялардағы үлгілері

1 – Бақылау, 2,3 – 1% Қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған котлет,
4,5 – 3% Қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған котлет, 6,7 – 5% Қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған котлет,
8,9 – 7% Қызанақ сығындысы ұнтағы қосылған котлет



Сурет 2 – Қызанақ сығындысы қосылған дайын өнімдердегі тағамдық ақуыздар мен майлардың мөлшері

Ақуыздың құрамына келетін болсақ, оның қызанақ сығындысы қосылған котлеттердегі массалық үлесі бақылау үлгісімен салыстырғанда артып, қоспаның 3% концентрациясында максималды мәнге (17,53%) жетеді. Алайда, қызанақ сығындысының мөлшері одан әрі 7%-ға дейін артқан кезде, ақуыз мөлшері аздап төмендейді (17,17%-ға дейін), бұл ет компонентінің шамадан тыс сұйылтылуына және құрамындағы өсімдік көмірсулары мен тағамдық талшықтардың жоғарылауына байланысты болуы мүмкін.

Келесі кезеңде тәжірибелік үлгілердің минералды құрамы анықталды. Қызанақ сығындысы алмастырылмайтын минералдардың бай көзі болып табылады, және оны ет котлеттеріне қосу өнімнің тағамдық профилін айтарлықтай жақсартуы мүмкін.

Қызанақ сығындысы алмастырылмайтын минералдарды, мысалы, калий (K), кальций (Ca), магний (Mg), фосфор (P), темір (Fe) және мырышты (Zn) қамтиды. Ет темір, мырыш және фосфор сияқты минералдардың жақсы көзі болса да, ол қызанақ сығындысы сияқты өсімдік ингредиенттерінде көп мөлшерде кездесетін кейбір минералдарды қамтуы мүмкін емес. Ет пен қызанақ сығындысының үйлесімі минералды құрамы теңдестірілген және толық өнім жасауға мүмкіндік береді, бұл оның тағамдық құндылығын арттырады.

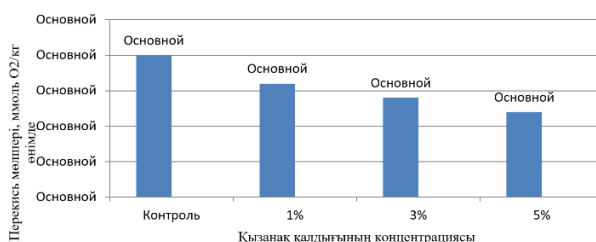
Минералды құрам бойынша қызанақ сығындысы қосылған ет котлеттерінің әртүрлі концентрациясындағы үлгілерінде калий, фосфор, кальций және магний сияқты минералды элементтер анықталды. Қызанақ сығындысы концентрациясы 0%-дан 7%-ға дейін артқан сайын үлгілерде калийдің мөлшері (15,37%-дан 17,43%-ға дейін), кальцийдің мөлшері (1,21%-дан 2,78%-ға дейін) және магнийдің мөлшері (1,68%-дан 2,25%-ға дейін) артты. Басқа минералды элементтердің (фосфор, темір) мөлшері әртүрлі мөлшердегі қызанақ сығындысы қосылған ет котлеттерінің үлгілерінде айтарлықтай өзгермеді және сәйкесінше 0,15% және 0,01% құрады.

Қызанақ сығындысын қосу котлеттердегі пероксид санының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Бұл өнімнің сақталу мерзімін және қауіпсіздігін жақсартуы мүмкін, өйткені осылайша котлеттер бұзылуға әкелетін микроорганизмдерге қарсы тұруға қабілетті болады.

3-ші суретте жартылай фабрикаттар мен бақылау үлгілерінің липидтерінің пероксид саны бойынша зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеулер көрсеткендей, қызанақ сығындысы түріндегі қоспалар тотығу процесін тежеуге және жартылай фабрикаттардың сақталуына оң әсер етеді. Нәтижесінде табиғи антиоксиданттар, әсіресе ликопин сияқты заттар қосылған жаңа өнімдерде антиоксиданттық әсер байқалды. Дәстүрлі рецептура бойынша бақылау үлгілерінде антиоксиданттық әсер байқалмады.

Бұл жұмыстың нәтижелері еркін радикалдарды тежеу мүмкіндігін растайды, себебі антиоксиданттар – органикалық қосылыстардың оттегімен тотығу процестерін бөгейтін заттар, олар төмен концентрацияларда да тиімді болады [11, 12].

Ет фаршының тотығу бұзылыстарын зерттеу нәтижелері ет котлеттерінің үлгілерінде пероксид мөлшерінің қалыпты деңгейде төмендегенін көрсетеді.



Сурет 3 – Ет котлеттерінің үлгілеріндегі пероксид санын анықтау нәтижелері

Барлық қызанақ сығындысы қосылған ет котлеттерінің үлгілерін термиялық өңдегеннен кейін жүргізілген зерттеу нәтижесінде микробиологиялық көрсеткіштер анықталды: мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдердің саны, ішек таяқшасы тобындағы бактериялар, алтын түстес стафилококк, протеус тектес бактериялар, патогенді микроорганизмдер, соның ішінде сальмонеллалар, ТР ТС 034/2013 стандартына сәйкес нормативтік көрсеткіштерге сәйкес келеді.

Қорытынды

Ет және ет өнімдері қоректік заттардың құнды көзі болып табылады, сондықтан олардың бастапқы қасиеттерін сақтап қана қоймай, оларды технологиялық өңдеу процесін де

жақсарту маңызды. Тамақ өнеркәсібінің қазіргі тенденциялары өсімдік тектес биологиялық белсенді компоненттермен байытылған функционалды өнімдерді жасауға бағытталған. Бұл жұмыста қызанақты қайта өңдеу екіншілік өнімі – қызанақ сығындысын қосудың ет котлеттерінің органолептикалық және биохимиялық сипаттамаларына әсері зерттелді.

Зерттеу нәтижелері қызанақ сығындысын 3% мөлшерінде қосу оңтайлы екенін көрсетті. Бұл деңгей дәм, хош иіс, құрылым және түс сияқты сенсорлық сипаттамаларды жақсартады, сондай-ақ өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға ықпал етеді. Атап айтқанда, қызанақ сығындысын қосу антиоксиданттардың, соның ішінде ликопиннің құрамын арттырады және ет өнімдеріндегі тотығу процестерінің қарқындылығын төмендетеді.

Осылайша, қызанақ сығындысын функционалды қоспа ретінде пайдалану жартылай ет өнімдерінің тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар тамақ өнеркәсібінің екіншілік өнімдерін тұрақты пайдалануға ықпал етеді. Әрі қарайғы зерттеулердің перспективасы өсімдік компоненттерінің әртүрлі түрлерінің ет өнімдерінің технологиялық, микробиологиялық және органолептикалық қасиеттеріне әсерін зерттеуді қамтиды.

Әдебиеттер тізімі

1. Михалёва Е.В. Исследование функциональных свойств и составление рецептуры мясных фаршей с использованием растительного сырья / Е.В. Михалёва, Ю.А. Ренёва // Московский экономический журнал. – 2018. – № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-funktsionalnyh-svoystv-i-sostavlenie-retseptury-myasnyh-farshey-s-ispolzovaniem-rastitel'nogo-syrua> (дата обращения: 30.01.2025).
2. Kenenbay Sh.Y. Development of a new variety of meat and vegetable cutlets / Sh.Y. Kenenbay, N.V. Gornikov, V.V. Yemelina // The Journal of Almaty Technological University. – 2023. – № 2. – P. 5-10. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-5-10>.
3. Tomato Pomace Powder as a Functional Ingredient in Minced Meat Products – Influence on Technological and Sensory Properties of Traditional Serbian Minced Meat Product Cevapi / S. Stajić et al // Processes. – 2024. – № 12. – P. 1330. <https://doi.org/10.3390/pr12071330>.
4. Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products / B.P. Mishra et al // Frontiers in Nutrition. – 2023. – № 10. – P. 1275341. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1275341>.
5. Agricultural waste: review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses / M. Duque-Acevedo et al // Global Ecology and Conservation. – 2020. – vol. 22. – P. e00902.
6. Islamova G.E. Study of physico-chemical indicators and mineral composition of tomato pomace for enrichment of meat products / G.E. Islamova, A.A. Utebayeva, A.U. Shingisov // Bulletin of the Korkyt Ata Kyzylorda University. – 2024. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v68.i1.141>.
7. Luisa García, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient / M. Luisa García, M.M. Calvo, M. Dolores Selgas // Meat Science. – 2009. – № 83(1). – P. 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.009>.
8. Nutritive evaluation and milk quality of including of tomato or olive by-products silages with sunflower oil in the diet of dairy goats / A. Arco-Pérez et al // Animal Feed Science and Technology. – 2017. – № 232. – P. 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.008>.
9. Применение растительного сырья в производстве мясных полуфабрикатов / Б.А. Нұрғалиева и др. // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2021. – № 1(1). – С. 34-36.
10. Islamova G.E. Development of technology and studying the quality of combined meat bread with the added powder from tomato pomace / G.E. Islamova, A.A. Utebayeva // The Journal of Almaty Technological University. – 2024. – № 146(4). – P. 12-20. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-12-20>.
11. Юрикова Е.В. Антиоксидантные свойства добавок для мясных полуфабрикатов / Е.В. Юрикова, Е.В. Савватеев, Л.Ю. Савватеева // Пищевая промышленность. – 2013. – № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnye-svoystva-dobavok-dlya-myasnyh-polufabrikatov> (дата обращения: 31.01.2025).
12. Vargas-Ramella M. The Antioxidant Effect of Colombian Berry (*Vaccinium meridionale* Sw.) Extracts to Prevent Lipid Oxidation during Pork Patties Shelf-Life / M.Vargas-Ramella et al // Antioxidants. – 2021. – № 10(8). – P. 1290; <https://doi.org/10.3390/antiox10081290>.

References

1. Mikhaleva E.V. Issledovanie funktsional'nykh svoystv i sostavlenie retseptury myasnykh farshei s ispol'zovaniem rastitel'nogo syr'ya / E.V. Mikhaleva, YU.A. Reneva // Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal. – 2018. – № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-funktsionalnyh-svoystv-i-sostavlenie-retseptury-myasnyh-farshey-s-ispolzovaniem-rastitelnogo-syr'ya> (data obrashcheniya: 30.01.2025). (In Russian).
2. Kenenbay Sh.Y. Development of a new variety of meat and vegetable cutlets / Sh.Y. Kenenbay, N.V. Gornikov, V.V. Yemelina // The Journal of Almaty Technological University. – 2023. – № 2. – R. 5-10. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-2-5-10>. (In English).
3. Tomato Pomace Powder as a Functional Ingredient in Minced Meat Products – Influence on Technological and Sensory Properties of Traditional Serbian Minced Meat Product Cevapi / S. Stajić et al // Processes. – 2024. – № 12. – R. 1330. <https://doi.org/10.3390/pr12071330>. (In English).
4. Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products / B.P. Mishra et al // Frontiers in Nutrition. – 2023. – № 10. – R. 1275341. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1275341>. (In English).
5. Agricultural waste: review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses / M. Duque-Acevedo et al // Global Ecology and Conservation. – 2020. – vol. 22. – R. e00902. (In English).
6. Islamova G.E. Study of physico-chemical indicators and mineral composition of tomato pomace for enrichment of meat products / G.E. Islamova, A.A. Utebayeva, A.U. Shingisov // Bulletin of the Korkyt Ata Kyzylorda University. – 2024. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2024.v68.i1.141>. (In English).
7. Luisa García, M. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient / M. Luisa García, M.M. Calvo, M. Dolores Selgas // Meat Science. – 2009. – № 83(1). – R. 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.009>. (In English).
8. Nutritive evaluation and milk quality of including of tomato or olive by-products silages with sunflower oil in the diet of dairy goats / A. Arco-Pérez et al // Animal Feed Science and Technology. – 2017. – № 232. – R. 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.008>. (In English).
9. Primenenie rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve myasnykh polufabrikatov / B.A. Nyřralieva i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 1(1). – S. 34-36. (In Russian).
10. Islamova G.E. Development of technology and studying the quality of combined meat bread with the added powder from tomato pomace / G.E. Islamova, A.A. Utebayeva // The Journal of Almaty Technological University. – 2024. – № 146(4). – R. 12-20. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-12-20>. (In English).
11. Yurikova E.V. Antioksidantnye svoystva dobavok dlya myasnykh polufabrikatov / E.V. Yurikova, E.V. Savvateev, L.YU. Savvateeva // Pishchevaya promyshlennost'. – 2013. – № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnye-svoystva-dobavok-dlya-myasnyh-polufabrikatov> (data obrashcheniya: 31.01.2025). (In Russian).
12. Vargas-Ramella M. The Antioxidant Effect of Colombian Berry (*Vaccinium meridionale* Sw.) Extracts to Prevent Lipid Oxidation during Pork Patties Shelf-Life / M.Vargas-Ramella et al // Antioxidants. – 2021. – № 10(8). – R. 1290; <https://doi.org/10.3390/antiox10081290>. (In English).

Г.Е. Исламова*, А.А. Утебаева, А.Р. Тасполтаева, А.У. Шингисов

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Республика Казахстан г. Шымкент, пр. Тауке-хана, 5

*e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

СОЗДАНИЕ НОВОГО ВИДА МЯСНЫХ КОТЛЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКТА

Разработка рецептур мясных полуфабрикатов, предполагающих замену части сырья растительными добавками, является перспективным путем решения проблемы повышения доступности мясных продуктов, расширения их ассортимента и повышения функциональных свойств. В данной статье рассматривается разработка мясных котлет, обогащенных томатными выжимками – побочным продуктом переработки томатов, с целью повышения их пищевой и биологической ценности. Исследование направлено на оценку органолептических,

физико-химических, биохимических и микробиологических характеристик обогащенного продукта. Проведено определение оптимального количества томатного жмыха в рецептуре, а также изучено его влияние на вкусовые, текстурные и ароматические свойства котлет. Установлено, что добавление 3% томатного жмыха обеспечивает улучшение сенсорных характеристик без негативного влияния на структуру и вкус продукта. Кроме того, подтверждено положительное воздействие растительного компонента на стабильность липидов в продукте. Полученные результаты могут быть использованы для создания функциональных мясных полуфабрикатов с повышенной питательной ценностью и экологической устойчивостью. В мясной промышленности спрос на более здоровую и экологически чистую продукцию продолжает расти. Функциональные мясные продукты, обогащенные биологически активными соединениями растительного происхождения, позволяют улучшить их питательный профиль, сохраняя при этом желаемые сенсорные свойства.

Ключевые слова: мясные котлеты, полуфабрикаты, томатная выжимка, функциональность, антиоксиданты, перекисное число.

G.E. Islamova*, A.A. Utebaeva, A.R. Taspoltayeva, A.U. Shingisov

M. Auezov South Kazakhstan University,
Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave., 5
*e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

CREATION OF A NEW KIND OF MEAT CUTLETS AND STUDY OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE PRODUCT

The development of meat semi-finished product recipes, involving the substitution of part of the raw material with plant additives, is a promising approach to solving the problem of increasing the availability of meat products, expanding their range, and enhancing their functional properties. This article discusses the development of meat cutlets enriched with tomato pomace – a by-product of tomato processing – aimed at improving their nutritional and biological value. The study focuses on evaluating the organoleptic, physicochemical, biochemical, and microbiological characteristics of the enriched product. The optimal amount of tomato pomace in the recipe was determined, and its influence on the taste, texture, and aromatic properties of the cutlets was investigated. It was found that the addition of 3% tomato pomace improves the sensory characteristics without negatively affecting the product's structure and flavor. Furthermore, the positive impact of the plant component on the stability of lipids in the product was confirmed. The results obtained can be used to create functional meat semi-finished products with enhanced nutritional value and ecological sustainability. In the meat industry, the demand for healthier and more sustainable products continues to rise. Functional meat products enriched with plant-based bioactive compounds offer a way to improve their nutritional profile while maintaining desirable sensory properties.

Key words: meat cutlets; semi-finished products; tomato pomace; functionality; antioxidants; peroxide value.

Авторлар туралы ақпарат

Гулнур Еркінбаевна Исламова* – докторант, М. Әуезов атындағы Оңүстік Қазақстан университеті, Түркістан облысы, Шымкент қаласы, Қазақстан; e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4835-4145>.

Айдана Асқаровна Утебаева – PhD докторы, М. Әуезов атындағы Оңүстік Қазақстан университеті, аға оқытушы, Түркістан облысы, Шымкент қаласы, Қазақстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Айбала Рысбековна Тасполтаева – т.ғ.к., М. Әуезов атындағы Оңүстік Қазақстан университеті, доцент, Түркістан облысы, Шымкент қаласы, Қазақстан; e-mail: aibala.taspoltaeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Азрет Утебаевич Шингисов – т.ғ.д., М. Әуезов атындағы Оңүстік Қазақстан университеті, профессор, Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы ғылымдары академиясының және Ресей Федерациясы Жаратылыстану ғылымдары академиясының корреспондент-мүшесі, Түркістан облысы, Шымкент қаласы, Қазақстан; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Информация об авторах

Гулнур Еркінбаевна Исламова* – докторант, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Туркестанская область, Шымкент, Қазақстан; e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4835-4145>.

Айдана Асқаровна Утебаева – PhD доктор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Туркестанская область, Шымкент, Қазақстан; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Айбала Рысбековна Тасполтаева – кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Туркестанская область, Шымкент, Казахстан; e-mail: aibala.taspoltayeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Азрет Утебаевич Шингисов – доктор технических наук, член-корреспондент Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан и Академии естественных наук Российской Федерации, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, профессор, Туркестанская область, Шымкент, Қазақстан; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Information about the authors

Gulnur Yerkinbayevna Islamova* – doctoral student, South Kazakhstan University M. Aueзов, Turkestan Region, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4835-4145>.

Aidana Askarovna Utebaeva – PhD, South Kazakhstan University M. Aueзов, Turkestan Region, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-4656>.

Aibala Rysbekovna Taspoltayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, South Kazakhstan University M. Aueзов, Turkestan Region, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: aibala.taspoltayeva.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>.

Azret Utebayevich Shingisov – doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan and the Academy of Natural Sciences of the Russian Federation, South Kazakhstan University M. Aueзов, professor, Turkestan Region, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Редакцияға енуі 17.02.2025
Өңдеуден кейін түсуі 05.03.2025
Жариялауға қабылданды 06.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-30](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-30)

МРНТИ: 65.09.05



Д.С. Свидерская¹, А.М. Шуленова², Е.Ф. Красноперова^{3*}

¹Торайгыров университет,

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова 64

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. Сакена Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис 62

³Инновационный Евразийский университет,
140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова 45

*e-mail: kef.80@mail.ru

КОМПОЗИЦИЯ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ ПЛОДОВ И ЯГОД ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА И МОЛОКА

Аннотация: Представленные результаты являются частью целого комплекса исследований, проводимых в течение многих лет, направленных на создание новых видов молочных и мясных продуктов, обогащенных добавками из растительного сырья, благотворно влияющих на организм человека и предназначенных для населения различных возрастных групп и вкусовых предпочтений. А также изучение возможности широкого использования дикорастущего сырья именно местного происхождения для его популяризации.

В данной статье изложены перспективы применения композиции растительной добавки из дикорастущих плодов и ягод для обогащения продуктов переработки мяса и молока. Исследована возможность использования черемухи обыкновенной, рябины обыкновенной (красной), ирги колосистой в соотношении, оптимальном для мясных и молочных продуктов на примере колбасного изделия, мясного паштета и творожной массы. Важно, что сочетание сырья животного и растительного происхождения позволит значительно разнообразить ассортимент пищевых продуктов характеризующихся натуральностью используемых компонентов и благоприятным влиянием на развитие и функционирование человеческого организма.

Предложена технология получения монодисперсного порошка из выбранных плодов и ягод, позволяющая максимально сохранить полезные свойства сырья растительного происхождения, обеспечивающие физиологические потребности.

Проанализированы органолептические свойства, как основные потребительские, и определены физико-химические и бактериологические показатели, свидетельствующие о соответствии полученных продуктов установленным требованиям в действующих нормативных документах. Предложенная композиция растительной добавки, в различном соотношении плодов и ягод, может обеспечить две крупные пищевые отрасли натуральными ингредиентами, позволяя выпускать продукты массового потребления.

Ключевые слова: ирга, черемуха, рябина, композиция растительной добавки, порошок из сушеных плодов и ягод.

Введение

Продукты переработки мяса и молока имеют наибольший спрос среди населения не зависимо от возраста и половой принадлежности. Это обусловлено вкусовыми предпочтениями, которые сложились исторически. Такие продукты занимают значимую часть рынка в сравнении с другими продуктами питания. Кроме того, продукты переработки мяса и молока очень важны для полноценного развития и поддержания всех процессов в организме человека в здоровом состоянии. Все это благодаря, в первую очередь, высокому содержанию белка, который обеспечивает организм незаменимыми аминокислотами, лучше насыщает организм (в сравнении с жирами и углеводами), что защищает от переизбытка [1].

Если говорить в целом о мясных и молочных продуктах, то их особенность заключается в том, что сбалансированность состава по содержанию белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ оказывает на организм человека положительный эффект. Так, например, для женщин это заключается в нормализации веса; повышении стрессоустойчивости; профилактики остеопороза; улучшении зубной эмали, структуры ногтей и волос; оказании эффекта мягкого успокоительного; облегчения предменструального цикла. Что касается мужчин, то данные продукты обеспечивают хороший рост мышечной массы; положительное влияние при восстановлении сил после физических нагрузок; улучшении потенции. Детям мясные и молочные продукты обеспечивают нервно-психическое развитие; правильное развитие организма; снижение развития кариеса [2, 3].

Условия и методы исследования

На фоне же широкого потребления мясомолочных продуктов прямо противоположно выглядит картина потребления продуктов растительного происхождения, особенно дикорастущих, которые незаслуженно обделены вниманием. И этому несколько причин. Во-первых, население, имеющее средний и низкий финансовый достаток ограничены в приобретении таких продуктов. Во-вторых, отсутствует сбор дикорастущих плодов и ягод в производственных масштабах, который может обеспечить бесперебойную выработку готовой продукции. В-третьих, отечественные производители мясомолочной промышленности зачастую неохотно идут на внесение изменений в уже отлаженное производство. Поэтому целью наших работ является изучение перспектив использования дикорастущих плодов и ягод в производстве мясных и молочных продуктов. Сочетание сырья животного и растительного происхождения позволит значительно разнообразить ассортимент пищевых продуктов характеризующихся натуральностью используемых компонентов, благоприятным влиянием на развитие и функционирование человеческого организма.

Руководствуясь вышеприведенным, нашей первостепенной задачей являлось изучение дикорастущих плодов и ягод Павлодара и Павлодарской области. В результате проведенной работы, внимание акцентировали на черемухе обыкновенной, рябине обыкновенной (красной), ирге колосистой. Обусловлен этот выбор следующим:

– черемуха обыкновенная – для которой характерно содержание комплекса БАВ (антоцианы), оказывающих благотворное влияние на кишечник при воспалении, большого количества витамина С, дубильных веществ, придающих бактерицидный эффект в отношении ряда микробов, витамина В17 (амигдалина), являющегося одним из средств применяемым при борьбе с онкологическими заболеваниями [4, 5];

– рябина обыкновенная (красная) – в которой витамина С значительно больше, чем в цитрусовых и смородине, витамина Р и Fe намного больше чем в яблоках, по содержанию каротина не уступает моркови, обладает антибактериальными свойствами благодаря содержанию сорбиновой кислоты [6];

– ирга колосистая – содержит редко встречающийся в продуктах витамин Р, который стабилизирует уровень сахара в крови, ягода содержит большое количество витаминов А, Е и С, обладает низкой калорийностью, что позволяет ее использование при коррекции веса,

также характеризуется высоким уровнем антиоксидантных соединений, способствующих повышению устойчивости организма к влиянию бактериальных и вирусных инфекций [7].

Отмеченные плоды и ягоды характеризуются высоким содержанием пектинов, обладающих способностью выводить из организма токсины и канцерогенные вещества. Также следует отметить, что данные культуры весьма неприхотливы к качеству почвы. Быстро растут и начинают плодоносить, адаптируются к региональным климатическим изменениям и устойчивы к вредителям.

Анализируя имеющиеся сведения можно предположить возможность совместного их использования при получении композиции растительной добавки для обогащения мясных и молочных продуктов. Для этого следующей задачей данной работы стало определение способа получения добавки, способной обеспечить круглогодичное производство продуктов переработки мяса и молока.

Известно, что отмеченные плоды и ягоды можно применять в различном виде. И как пюре, и перетертые с сахаром, и в виде сиропа. Но такие формы подойдут для молочных продуктов. Наша же задача предложить такую добавку, которая будет универсальной для применения и в молочной, и в мясной промышленности. Кроме того, переработанные плоды и ягоды такими способами лишаются большего количества полезных веществ из-за длительного воздействия высоких температур.

В связи с этим, перспективным является получение порошка из сушеных плодов и ягод. Для этого черемуху, рябину и иргу в состоянии технической зрелости бережно собирают с кисточками и доставляют в пункты переработки, где проводится контроль качества. При оценивании внешнего вида плоды и ягоды должны быть свежие, не загрязненные, механические повреждения и повреждения вредителями и болезнями не допустимы, с чистым запахом. Не должно быть присутствия плесени, минеральных примесей и каких-либо вредителей. Показатели по токсичным элементам, пестицидам, нитратам, радионуклидам должны соответствовать требованиям, изложенным в актуализированной документации.

Далее осуществляется мойка проточной водой, предварительное обсушивание на решетках в течении 30-40 минут и направление на процесс сушки с использованием сушильных камер, оснащенных современными технологиями, например, сушильная камера конвекционная Т75-50. Рекомендуемая температура 55-60 0С. Продолжительность сушки определяется содержанием влаги, которая должна составлять не более 12%.

Характеристика требований к качеству сушеных плодов изложена в ГОСТ 3318-74 «Плоды черемухи обыкновенной», ГОСТ 6714-74 «Плоды рябины обыкновенной». В связи с тем, что утвержденного нормативного документа на сушеные ягоды ирги колосистой нет, то следует ориентироваться на требования, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика требований к качеству сушеных ягод ирги колосистой

Показатель	Норма
Внешний вид	Округлые сморщенные ягоды, в диаметре 3-4 мм, имеющие, с одной стороны, следы «коронки»
Цвет	Поверхность темно фиолетовая, мякоть темно-красная с синеватым оттенком
Вкус	Сладковатый, с приятным послевкусием
Влажность	до 12 %
Содержание частей растения	до 2 %
Содержание посторонних примесей	до 0,5 %
Наличие плесени	Не допустимо
Наличие постороннего запаха	Не допустимо

Соответствующие установленным требованиям высушенные плоды и ягоды подвергаются помолу роторно-вихревой мельницей тонкого помола (РВМТП) [8], с настроен на размер фракции в 0,3 мм. Измельчение сушеных плодов и ягод до такой фракции позволяет получить монодисперсный порошок. Что касается черемухи, то в ее случае такой способ помола дает возможность настолько измельчить косточки, что они становятся не различимы. Перемолотые плоды и ягоды упаковывают в мешки из ткани по 25 кг. Хранение может осуществляться до 1 года в чистых и сухих помещениях с хорошей вентиляцией на расстоянии не менее 15 см от пола и 25 см от стен.

Следующим этапом работы стало составление композиции растительной добавки с определением оптимального соотношения сухого порошка из плодов и ягод. Для этого было исследовано 4 опытных образца из порошка ирги колосистой, черемухи обыкновенной и рябины обыкновенной (красной) в соотношениях 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1, 1:1:2 соответственно. В образцах определены цвет, вкус и запах. (табл. 2).

Таблица 2 – Органолептические показатели опытных образцов композиции

№	Соотношение плодов и ягод	Показатели		
		Цвет	Вкус	Запах
1	1:1:1	Буро-коричневый с темно-синими частицами	Сладковатый с легкой кислинкой, едва заметным привкусом миндаля	Легкий фруктовый с проявляющимися нотками миндаля
2	2:1:1	Темно-синий с коричневыми и буровато-красными частицами	Сладкий с легкой кислинкой, едва заметным привкусом миндаля	Фруктовый с проявляющимися нотками миндаля
3	1:2:1	Коричневый с буро-синими частицами	Горьковато миндальный, немного вяжущий с едва заметным фруктовым привкусом	Фруктово-миндальный
4	1:1:2	Красно-коричневый с темно-синими частицами	Кисловато-горьковатый с остринкой	Легкий фруктовый с проявляющимися нотками миндаля

Результаты исследований

Из продуктов переработки мяса были выбраны колбасное изделие и мясной паштет по разработанным нами ранее технологиям производства изложенным в [9, 10]. В опытные образцы колбасного изделия вносили композицию растительной добавки в количестве 1; 1,5; 2; 2,5 % (табл. 3).

Таблица 3 – Органолептические показатели опытных образцов мясных продуктов

Показатели	Количество вносимой композиции растительной добавки, %			
	1	1,5	2	2,5
Колбасное изделие				
Внешний вид	чистая, сухая поверхность			
Вид на разрезе	однородная колбасная масса			
	цвет розовый, без пустот	цвет темно-розовый, без пустот	цвет розовый с коричневатым оттенком, без пустот	цвет розово-коричневый, без пустот
Вкус и запах	соответствует колбасному изделию	с еле отличимым миндально-фруктовым привкусом	с присутствием миндально-фруктового привкуса и аромата	с привкусом миндального ореха, легкой остринки и фруктовыми нотками
Консистенция	упругая			
Мясной паштет				
Внешний вид	равномерно запеченная поверхность, чистая и сухая			
Вид на разрезе	однородная паштетная масса			
Цвет	серый	темно-серый	серо-коричневый	коричневый
Вкус и запах	соответствует мясному паштету		с присутствием миндально-фруктового привкуса и аромата	с привкусом миндального ореха, легкой остринки и фруктовыми нотками
Консистенция	мажущаяся			

Исследованные образцы, представленные в таблице 3 характеризуются положительно, не наблюдается неприятных посторонних запахов и привкусов. Поэтому разработанную композицию добавки можно использовать в любом, из исследованных, процентном содержании. Но, при ее внесении в количестве 2,5% опытный образец приобретает оригинальный, для продуктов переработки мяса, привкус миндаля с остринкой и фруктовые нотки. В связи с этим, предпочтение отдано именно этому варианту.

Что касается продуктов переработки молока выбор был остановлен на творожной массе, технология производства которой представлена в [11]. В опытные образцы творожной массы вносили композицию растительной добавки в количестве 1; 1,5; 2; 2,5% (табл. 4).

Таблица 4 – Органолептические показатели опытных образцов продуктов переработки молока

Показатели	Количество вносимой композиции растительной добавки, %			
	1	1,5	2	2,5
Творожная масса				
Консистенция и внешний вид	однородная с еле заметной композицией растительной добавки	с заметным внесением композиции растительной добавки	с наличием внесенной композиции растительной добавки	с выраженным наличием внесенной композиции растительной добавки
Вкус и запах	кисломолочный			
		с еле отличимой фруктовой кислоткой и еле ощутимым привкусом миндального ореха	с присутствием фруктовой кислоткой и привкусом, и ароматом миндального ореха	с ярким миндально-фруктовым привкусом и ароматом с легкой кисловатой остринкой
Цвет	Молочный, с едва заметным кремово-серым оттенком	Молочный, с заметным кремово-сизым оттенком	Кремовый с сизым оттенком	Кремовый с коричнево-сизым оттенком

Характеристика органолептических показателей таблицы 4 показывает положительное влияние вносимой композиции растительной добавки во всех опытных образцах, придавая готовому продукту привлекательный внешний вид и цвет, и приятный нежный привкус, и аромат. Это дает возможность использовать предлагаемую композицию добавки в любом представленном процентном содержании. Однако, стоит выделить опытный образец с внесением добавки в количестве 2,5%. Так как именно этот образец обладает наиболее привлекательным выраженным фруктовым привкусом и ароматом с легкой кисловатой остринкой, что делает молочный продукт наиболее привлекательным в потребительском отношении. Поэтому рекомендуется использовать данный вариант.

Для получения более полной картины о качестве исследуемых продуктах переработки мяса и молока были определены физико-химические и бактериологические показатели выбранных опытных образцов в качестве наилучших по органолептическим показателям. Результаты представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Физико-химические и бактериологические показатели продуктов переработки мяса

Показатели	Характеристика
1	2
Колбасное изделие	
Содержание жира, %	23,6
Содержание белка, %	27,3
Содержание поваренной соли, %	2,5

1	2
Бактерии кишечной палочки (лактозосбраживающие) в 1 г. колбасного изделия	не обнаружено
Сальмонеллы в 25 г. колбасного изделия	не обнаружено
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г. колбасного изделия	не обнаружено
Мясорастительный паштет	
Содержание жира, %	27
Содержание белка, %	16
Содержание поваренной соли, %	1,2
Бактерии кишечной палочки (лактозосбраживающие) в 1 г. мясного паштета	не обнаружено
Сальмонеллы в 25 г. мясного паштета	не обнаружено
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г. мясного паштета	не обнаружено

Таблица 6 – Физико-химические и бактериологические показатели продуктов переработки молока

Показатели	Характеристика
Творожная масса	
Содержание жира, %	18
Содержание белка, %	14
Содержание влаги, %	80
Содержание сахарозы, %	26
Кислотность, °Т	155
Мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы	не обнаружено
Бактерии группы кишечных палочек	не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i>	не обнаружено
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	не обнаружено
Дрожжи, плесени	не обнаружено
Молочнокислые микроорганизмы	1x10 ⁶

Обсуждение научных результатов

Таким образом, результаты проведенных исследований, дают возможность активно использовать местные дикорастущие плоды и ягоды для продуктов и мясного и молочного происхождения. Причем подобраны такие соотношения композиции растительной добавки, которые в наибольшей мере сочетаются с мясными (на примере колбасного изделия и мясного паштета) и молочными (на примере творожной массы) продуктами, формируя в них оригинальные и наиболее привлекательные органолептические свойства, являющиеся основными при потребительском выборе. Что касается физико-химических и бактериологических показателей, то исследуемые продукты соответствуют установленным требованиям в действующих нормативных документах.

Заключение

Важно отметить, что весьма перспективным является создание пунктов переработки дикорастущего сырья, учитывая достаточно простую технологию производства сухих порошков из ирги колосистой, черемухи обыкновенной и рябины обыкновенной (красной), которые могут обеспечить две крупные пищевые отрасли натуральными добавками, позволяя выпускать продукты для различных групп населения, обогащенные функциональными компонентами.

Список литературы

1. Спиридонов К.Н. Животные белки – состав, свойства, особенности применения / К.Н. Спиридонов, Е.К. Туниева // Все о мясе. – 2018. – № 6. – С. 51-52.
2. Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits / WL. Claeys et al // Food Control. – 2013. – № 31(1). – P. 251-262.
3. Dietary protein sources in early adulthood and breast cancer incidence: prospective cohort study / M.S. Farvid et al // BMJ. – 2014. – № 348. – P. 1-11.

4. Mikulic-Petkovsek Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species / R. Veberic et al // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 60, Issue 1. – P. 509-517. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814005416?via%3Dihub>.
5. Telichowska A. Phytopharmacological Possibilities of Bird Cherry *Prunus pabus* L. and *Prunus serotina* L. / Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P. // *Species and Their Bioactive Phytochemicals*. – 2020. – № 12(7). <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/7/1966>.
6. Gram (-) microorganisms DNA polymerase inhibition, antibacterial and chemical properties of fruit and leaf extracts of *Sorbus acuparia* and *Sorbus caucasica* var. *yaltirikii* / H. Turumtay et al // *Biomed. Chromatogr.* – 2017. – № 31(6).
7. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova et al // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2015. – Vol.16, Issue, №10. – P. 24673-24706.
8. Костылев А.А. Получение монодисперсного порошка при переработке плодов черемухи / А.А. Костылев // *Вестник КрасГАУ*. – 2014. – № 7. – С. 181-185.
9. Свидерская Д.С. Разработка нового колбасного изделия с применением натуральных добавок растительного происхождения / Д.С. Свидерская, А.М. Шуленова, Е.Ф. Красноперова // *Вестник университета Шакарима. Технические науки*. – 2024. – № 1(13). – С. 142-150.
10. Свидерская Д.С. Использование растительного белка в производстве мясорастительного паштета / Д.С. Свидерская, А.А. Карабекова // *Пищевая промышленность*. – 2022. – № 1. – С. 8-11.
11. Использование белоксодержащего компонента в производстве молочно-растительной творожной массы / Д.С. Свидерская и др. // *Пищевая промышленность*. – 2023. – № 1. – С. 41-44.

References

1. Spiridonov K.N. Zhivotnye belki – sostav, svoistva, osobennosti primeneniya / K.N. Spiridonov, E.K. Tunieva // *Vse o myase*. – 2018. – № 6. – S. 51-52. (In Russian).
2. Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits / W.L. Claeys et al // *Food Control*. – 2013. – № 31(1). – R. 251-262. (In English).
3. Dietary protein sources in early adulthood and breast cancer incidence: prospective cohort study / M.S. Farvid et al // *BMJ*. – 2014. – № 348. – R. 1-11. (In English).
4. Mikulic-Petkovsek Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species / R. Veberic et al // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 60, Issue 1. – R. 509-517. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814005416?via%3Dihub>. (In English).
5. Telichowska A. Phytopharmacological Possibilities of Bird Cherry *Prunus pabus* L. and *Prunus serotina* L. / Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P. // *Species and Their Bioactive Phytochemicals*. – 2020. – № 12(7). <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/7/1966>. (In English).
6. Gram (-) microorganisms DNA polymerase inhibition, antibacterial and chemical properties of fruit and leaf extracts of *Sorbus acuparia* and *Sorbus caucasica* var. *yaltirikii* / N. Turumtay et al // *Biomed. Chromatogr.* – 2017. – № 31(6). (In English).
7. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova et al // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2015. – Vol.16, Issue, №10. – R. 24673-24706. (In English).
8. Kostylev A.A. Poluchenie monodispersnogo poroshka pri pererabotke plodov chere mukhi / A.A. Kostylev // *Vestnik KraSGAU*. – 2014. – № 7. – S. 181-185. (In Russian).
9. Sviderskaya D.S. Razrabotka novogo kolbasnogo izdeliya s primeneniem natural'nykh dobavok rastitel'nogo proiskhozhdeniya / D.S. Sviderskaya, A.M. Shulenova, E.F. Krasnoperova // *Vestnik universiteta Shakarima. Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 1(13). – S. 142-150. (In Russian).
10. Sviderskaya D.S. Ispol'zovanie rastitel'nogo belka v proizvodstve myasorastitel'nogo pashteta / D.S. Sviderskaya, A.A. Karabekova // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2022. – № 1. – S. 8-11. (In Russian).
11. Ispol'zovanie beloksoderzhashchego komponenta v proizvodstve molochno-rastitel'noi tvorozhnoi massy / D.S. Sviderskaya i dr. // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2023. – № 1. – S. 41-44. (In Russian).

Д.С. Свидерская¹, А.М. Шуленова², Е.Ф. Красноперова^{3*}

¹Торайғыров атындағы университет,

140008, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., көш. Ломова 64

²Атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. Сәкена Сейфуллина,
Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

³Инновациялық Еуразия университеті,

140008, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ., көш. Ломова 45

*e-mail: kef.80@mail.ru

ЕТ ЖӘНЕ СҮТ ӨНДЕУ ӨНІМДЕРІН БАЙЫТУ ҮШІН ЖАБАЙЫ ЖЕМІСТЕР МЕН ЖИДЕКТЕРДІҢ ҚҰРАМЫ

Ұсынылған нәтижелер сүт және ет өнімдерінің жаңа түрлерін жасауға бағытталған, өсімдік тектес жергілікті шикізаттан қоспалармен байытылған, оны танымал ету үшін адам денсаулығына пайдалы әсер ететін көптеген жылдар бойы жүргізілген зерттеулердің тұтас кешенінің бөлігі болып табылады. дене және әртүрлі жас топтары мен талғамға бейім адамдарға арналған.

Бұл мақала өңделген ет және сүт өнімдерін байыту үшін жабайы жемістер мен жидектерден жасалған шөптік қоспалар құрамын пайдалану перспективаларын сипаттайды. Шұжық, ет паста және сүзбе массасы мысалында ет және сүт өнімдеріне құс шие, тау күлі (қызыл) және қызметші жидекті оңтайлы қатынаста пайдалану мүмкіндігі зерттелді. Жануарлар мен өсімдік тектес шикізаттың үйлесуі пайдаланылатын компоненттердің табиғилығымен және адам ағзасының дамуы мен жұмыс істеуіне пайдалы әсерімен сипатталатын тамақ өнімдерінің ассортиментін айтарлықтай әртараптырауы маңызды.

Таңдалған жемістер мен жидектерден монодисперсті ұнтақ алу технологиясы ұсынылды, ол физиологиялық қажеттіліктерді қанағаттандыратын өсімдік тектес шикізаттың пайдалы қасиеттерін барынша сақтауға мүмкіндік береді.

Негізгі тұтынушылық қасиеттері ретінде органолептикалық қасиеттері талданды және алынған өнімдердің қолданыстағы нормативтік құжаттарда белгіленген талаптарға сәйкестігін көрсететін физика-химиялық және бактериологиялық көрсеткіштері анықталды. Жемістер мен жидектердің әртүрлі қатынасындағы шөп қоспаларының әзірленген құрамы екі ірі тамақ өнеркәсібін табиғи қоспалармен қамтамасыз ете алады, оларға жаппай тұтыну өнімдерін шығаруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: *урға, шие, шетен, шөп қоспасының құрамы, кептірілген жемістер мен жидектерден жасалған ұнтақ.*

D. Sviderskaya¹, A. Shulnova², Krasnoperova E.^{3*}

¹Toraigyrov University,

140008, Republic of Kazakhstan, Pavlodar, st. Lomova 64

²Kazakh Agrotechnical Research University named after. Sakena Seifullina,
Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Ave. 62

³Innovative University of Eurasia,

140008, Republic of Kazakhstan, Pavlodar, st. Lomova 45

*e-mail: kef.80@mail.ru

COMPOSITION OF WILD FRUITS AND BERRIES FOR ENRICHMENT OF MEAT AND MILK PROCESSING PRODUCTS

The presented results are part of a whole complex of studies conducted over many years, aimed at creating new types of dairy and meat products, enriched with additives from local raw materials of plant origin, for its popularization, which have a beneficial effect on the human body and are intended for people of various age groups and taste preferences.

This article outlines the prospects for using a composition of herbal supplements made from wild fruits and berries to fortify processed meat and milk products. The possibility of using bird cherry, mountain ash (red), and serviceberry in the optimal ratio for meat and dairy products was studied using the example of sausage, meat pate and curd mass. It is important that the combination of raw materials of animal and plant origin will significantly diversify the range of food products characterized by the naturalness of the components used and a beneficial effect on the development and functioning of the human body.

A technology has been proposed for obtaining monodisperse powder from selected fruits and berries, which allows maximally preserving the beneficial properties of raw materials of plant origin that meet physiological needs. Organoleptic properties were analyzed as the main consumer ones, and physicochemical and bacteriological indicators were determined, indicating that the resulting products comply with the established requirements in current regulatory documents. The developed composition of herbal supplements in different ratios of fruits and berries can provide two large food industries with natural additives, allowing them to produce mass consumer products.

Key words: *irga, bird cherry, rowan, composition of herbal supplement, powder from dried fruits and berries.*

Сведения об авторах

Диана Сергеевна Свидерская – кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектура и дизайн»; Торайғыров университет, г. Павлодар, Республика Казахстан; e-mail: sofilsev@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3329-1126>.

Асем Манарбековна Шуленова – магистр технических наук, докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: shulenovaa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2812-075X>.

Елена Францевна Краснопёрова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Инженерия и промышленные технологии»; Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, Республика Казахстан; e-mail: kef.80@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9336-0026>.

Авторлар туралы мәліметтер

Диана Сергеевна Свидерская – т.ғ.к., ДАҚ Торайғыров университетінің доценті, Павлодар қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: sofilsev@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3329-1126>.

Асем Манарбековна Шуленова – техника ғылымдарының магистрі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: shulenovaa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2812-075X>.

Елена Францевна Краснопёрова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Инженерлік және өнеркәсіптік технологиялар» кафедрасының профессоры; Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: kef.80@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9336-0026>.

Information about the authors

Diana Sviderskaya – candidate of technical science, docent of the department «Architecture and design»; Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan; e-mail: sofilsev@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3329-1126>.

Assem Shulenoa – Master of Technical Sciences, Doctoral student of the department of «Food Technology and Processing Products» Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: shulenovaa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2812-075X>.

Yelena Krasnoporova* – candidate of technical science, Professor of the Department of «Engineering and Industrial Technologies»; Innovative University of Eurasia, Republic of Kazakhstan; e-mail: kef.80@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9336-0026>.

*Поступила в редакцию 09.01.2025
Принята к публикации 10.02.2025*

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-31](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-31)

IRSTI: 65.13.23



A.A. Makenova^{1*}, S.D. Mussayeva¹, G.T. Tumenova², S.N. Tumenov³

¹M. Auezov South Kazakhstan University,

1600018, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 5 Tauke Khan Ave.

²M. Kozybayev North Kazakhstan State University,

150000, Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk, Zhumabayev str., 114

³Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry,

050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, Gagarin street, 238 «G»

*e-mail: aliyamakenova02@gmail.com

STUDY OF THE EFFECT OF SUCROSE USED IN THE FERMENTATION OF VIGNA RADIATA SEEDS ON ELEMENTAL AND MINERAL COMPOSITION

Annotation: *The problem of lack of trace elements and vitamins in the diet is one of the key issues in the field of nutrition in Kazakhstan. The consumption of food products *пұтания*, that do not contain enough nutrients, in particular mineral composition, leads to a lack of macronutrients, which negatively affects the health of the population. In this paper, the effect of fermentation of *Vigna radiata* seeds on the elemental and mineral composition with the addition of sucrose in concentrations of 1% and 3% was studied. Experimental*

samples were fermented for 48 hours at temperatures of 10°C and 35°C. The results showed that the maximum potassium content (34.81 mg/g) was achieved in the sample fermented at 35°C and a sucrose concentration of 3%, and the calcium content (3.62 mg/g) was highest at a temperature of 10°C and a sucrose concentration of 1%. It was found that high temperatures and sugar concentrations contribute to an increase in the content of sulfur (up to 2,21 mg / g) and potassium, while low temperatures preserve magnesium and calcium. The study confirms that fermentation parameters significantly affect the bioavailability of minerals. These data are of practical significance for the development of functional food products aimed at increasing the mineral value and meeting the needs for trace elements.

Key words: fermentation, *Vigna radiata*, mineral composition, sucrose, functional products.

Introduction

In Kazakhstan, the problem of nutrition is associated with an unbalanced diet, a lack of trace elements and a low level of consumption of plant-based proteins. According to statistical data, there is a lack of products enriched with biologically active substances necessary for the prevention of chronic diseases, such as diabetes mellitus, cardiovascular pathologies and anemia, in the structure of the population's nutrition [1].

Under these conditions, the development of functional products from mung bean (*Vigna radiata*), adapted to the climatic conditions of Kazakhstan, is a promising direction. Mash is a valuable source of protein, vitamins and minerals, and its fermentation can significantly increase the bioavailability of nutrients such as calcium, magnesium and antioxidants [2].

The creation of functional products made from domestically selected marshmallows contributes to strengthening food security, popularizing plant-based food sources and improving the quality of life of the population, which is especially important in the framework of the state program to improve the health of the nation [3].

Fermentation is one of the most popular methods of biotechnological processing of products used in the food industry. This process has a significant impact on the nutritional properties and mineral composition of plant raw materials. One of the promising objects of fermentation is masha seeds (*Vigna Radiata*), which are widely used for enriching the diet due to their high content of protein, vitamins, minerals and antioxidants [4]. However, the lack of information on the effect of fermentation on the mineral profile of mash seeds limits the potential of their use in functional food products.

In the fermentation process, the addition of sucrose can play an important role, as it creates a favorable environment for the development of microorganisms that can accelerate and improve the fermentation process. Sucrose is used as a nutrient base for the enzymatic microflora, which promotes the release of organic acids and changes the availability of minerals. In particular, processes caused by added sugar can increase the bioavailability of key minerals such as calcium, magnesium, potassium, and phosphorus.

According to studies [5], fermentation reduces the level антипитательныхof anti-nutrients, such as phytic acid, which is able to bind minerals and reduce their digestibility. By adding sucrose, the fermentation process can be enhanced, which will release more trace elements and improve the nutritional value of the product.

The aim of this work is to study the mineral composition of mash seeds after fermentation with the addition of sucrose and the effect of sucrose on the mineral composition of the product. This study aims to improve understanding of the effect of fermentation on the bioactive properties of sprouted seeds, which can be useful for developing fortified foods that meet the requirements of functional nutrition and optimal micronutrient composition.

Materials and methods

The object of research is *Vigna radiata* seeds of domestic selection «Zhasyl Dan» [6]. The research was conducted in the period from September to November 2024 in the Department of Testing laboratories «Testing Regional Laboratory of Engineering profile" Structural and Biochemical Materials» of the South Ural State University named after Auezov. Microelements and macronutrients of *Vigna radiata* seeds were determined as a result of X-ray fluorescence energy-dispersive microanalysis.

The seeds were carefully checked for damage and defects before starting the fermentation process. As a source of carbohydrates for fermentation, sucrose (granulated sugar) was used, which was added in different concentrations to aqueous solutions to activate the fermentation process.

Fermentation of *Vigna radiata* seed samples was carried out using Household Intelligent Bean Sprout Machine equipment, which allows you to control the temperature, humidity and process

time. The device maintains optimal humidity conditions, which contributes to an efficient enzymatic process. The average humidity in the process was about 90%, which was maintained by an automatic water supply system [7].

Оборудование Household Intelligent Bean Sprout Machine is designed to optimize seed germination and fermentation conditions with automated temperature, humidity and time control. The main technical characteristics of the device include:

Temperature range: from 10°C to 35°C, with the possibility of fine-tuning to maintain optimal fermentation conditions.

Humidity control: An automatic system for maintaining humidity up to 90% provides constant moisture for successful germination.

Automatic water supply: A built-in water tank and automatic moisture distribution system maintain an optimal environment for seed growth.

Experimental conditions:

Vigna radiata seeds were divided into four samples that were fermented for 48 hours at different temperatures and sucrose concentrations:

Control sample: Temperature 20°C, without the use of sucrose.

Sample 1: Temperature 10°C, sucrose concentration 10 g/l.

Sample 2: Temperature 35°C, sucrose concentration 10 g/l.

Sample 3: Temperature 10°C, sucrose concentration 30 g/l.

Sample 4: Temperature 35°C, sucrose concentration 30 g/l.

Mineral composition analysis method

After fermentation was completed, each sample was analyzed to determine the mineral composition. Energy-dispersive X-ray fluorescence analysis (EDRFA) was used to quantify the content of minerals such as calcium, magnesium, phosphorus, and potassium in Vigna radiata samples. EDRFA was performed on a highly sensitive spectrometer with established parameters for accurate measurement of the content of micro-and macronutrients [8].

Results and discussion

Analysis of the mineral composition of Vigna radiata seeds showed significant changes in the mineral content depending on the fermentation conditions. Table 1 shows data on the content of key minerals (C, O, Na, Mg, Si, P, S, Cl, K, Ca) in each sample, including the control group, as well as fermented samples at various temperature conditions and sucrose concentrations.

Table 1 – Mineral and elemental composition of fermentation Vigna Radiata seeds

Name of elements and minerals	Fermented seeds without sucrose (mg)	Sample 1 Of 1% sucrose, t-10°C (mg)	Sample 2 Of 1 % sucrose, t-35°C (mg)	Sample 3 Of 3% sucrose, t-10°C (mg)	Sample 4 Of 3 % sucrose, t-35°C (mg)	Mean	Std Dev
C	11,30	10,2	14,42	8,23	11,32	11,09	2,01
O	36,56	37,01	36,36	37,25	37,01	36,84	0,33
Na	0,31	0,37	0,29	0,27	0,34	0,32	0,03
Mg	3,78	3,60	3,11	3,47	3,20	3,43	0,25
P	11,47	10,20	8,49	10,54	9,15	9,97	1,05
S	1,92	1,78	1,84	2,21	2,2	1,99	0,18
Cl	0,29	0,85	0,98	0,59	1,0	0,74	0,27
K	29,76	32,18	31,59	34,81	33,13	32,29	1,67
Ca	2,32	3,62	2,77	2,63	2,46	2,76	0,46
Si	0,28	0,19	0,16	-	0,20	0,21	0,04

The last two columns of the table represent the **Mean** and **Standard Deviation (Std Dev)** of the measured values across five samples.

Mean: Calculated as the arithmetic average of all five measurements for each element.

$$\text{Mean} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5} \quad (1)$$

where:

X1, X2, X3, X4, X5 – individual measurement values,

5 – the total number of samples.

Standard Deviation (Std Dev): Indicates the variability of values around the mean and is calculated using the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \text{mean})^2}{n-1}} \quad (2)$$

where:

X_i – individual measurement values,

Mean – the arithmetic average of all measurements,

n – the number of samples,

These values provide a more accurate representation of the data and ensure statistical reliability.

Based on the presented data describing the mineral composition of fermented *Vigna radiata* seeds under various fermentation conditions, the following key points can be identified:

Carbon (C): The maximum carbon content (14,42 mg) was recorded in Sample 3 (3% sucrose, 10°C), which may be due to the activation of biochemical processes at moderate temperature and high sugar concentration.

The minimum carbon content (8,23 mg) was observed in Sample 4 (3% sucrose, 35°C), which may indicate increased decomposition of organic compounds at elevated temperature.

Oxygen (O): The oxygen concentration ranges from 36.36 to 38.56 mg. The highest value was recorded in the control sample, which indicates a small effect of fermentation on the oxygen content.

Sodium (Na): The sodium content remains relatively stable, with a maximum value of 0,37 mg in Sample 2 (1% sucrose, 35°C). This indicates a limited effect of fermentation conditions on sodium.

Magnesium (Mg): The maximum concentration of magnesium (3,78 mg) is observed in the control sample. Among the fermented samples, the highest value (3,60 mg) was recorded in Sample 1 (1% sucrose, 10°C), which confirms the preservation of magnesium at low temperature.

The phosphorus concentration varies from 8,49 mg (Sample 3) to 11,47 mg (control). The decrease in phosphorus levels in fermented samples may be due to the transformation of phosphorus-containing compounds during fermentation.

The highest sulfur content (2,21 mg) is observed in Sample 4 (3% sucrose, 35°C), which may be due to the activation of decomposition processes of sulfur-containing compounds at high temperature.

The chlorine content reaches a maximum (1,0 mg) in Sample 3 (3% sucrose, 10°C), which indicates an increase in the availability of chlorine under fermentation conditions.

The potassium concentration increases with increasing temperature and sucrose concentration, reaching 34,81 mg in Sample 4 (3% sucrose, 35°C). This indicates an active release of potassium during fermentation.

The maximum concentration of calcium (3,62 mg) was recorded in Sample 1 (1% sucrose, 10°C). Low temperature helps to preserve calcium in the seeds.

The silicon content remains minimal in all samples (0,16-0,28 mg), which indicates a limited effect of fermentation on this element.

Fermentation of *Vigna radiata* seeds has shown a significant effect on the mineral composition and content of proteins, fats and carbohydrates, which is consistent with the results of modern studies [9].

The study by Gan, Ren-You et al «Dynamic Changes in Biochemical Composition and Antioxidant Capacity in Green and Black Mung Bean (*Vigna Radiata*) Sprouts» (2016) indicates an overall increase in the potassium content in fermented seeds, which is consistent with our results [10]. However, in our case, the use of different sucrose concentrations and temperatures allowed us to achieve more pronounced results, which indicates a high degree of control over the process. In addition, fermentation at high temperature (35°C) increases the sulfur content, which is rarely mentioned in the literature and requires further research.

The article «Chemical Composition, Amino Acid Profile and Antioxidant Activities of Germinated Mung Beans (*Vigna Radiata*)» (2015) focuses on reducing the content of anti-nutritional substances, such as phytates, which is confirmed by our data. However, our results complement them, showing that fermentation contributes not only to a reduction in anti-nutritional substances,

but also to an increase in the availability of trace elements. This makes fermented *Vigna radiata* seeds particularly promising for use in functional food products [11].

Additionally, our research revealed a correlation between fermentation parameters and the content of macro- and microelements (Table 2), which is a new area of research. For example, a low temperature helps preserve calcium and magnesium, while a high temperature increases the content of potassium and sulfur. These results can be useful for developing strategies for purposefully changing the composition of functional foods.

Table 2 – Advantages of our research

Advantages of our research	Details
Optimization of fermentation parameters	Demonstrated that varying temperature and sucrose concentration produces products with specific mineral compositions, previously not described in detail.
Comprehensive approach	Unlike studies focusing on single aspects (e.g., antioxidants or anti-nutrients), our research evaluates multiple key parameters including mineral composition and bioavailability.
Practical applicability	Data obtained has significant potential for the production of functional food products aimed at addressing dietary trace element deficiencies.
Scientific contribution	Adds new data to the existing knowledge base, highlighting the importance of an integrated approach to fermenting <i>Vigna radiata</i> seeds.
Practical importance	Facilitates the development of functional food products based on fermented <i>Vigna radiata</i> seeds. Rich in minerals like calcium, phosphorus, and magnesium, making it valuable for dietary inclusion.
Medical nutrition potential	Using fermentation with optimal sucrose and temperature allows the creation of more nutritious and functionally valuable products, beneficial for medical nutrition.

The table summarizes the unique advantages and practical applications of our research on the fermentation of *Vigna radiata*. It highlights the optimized fermentation parameters, the comprehensive scope of the study, and the potential for producing functional food products. These findings underscore the importance of integrating innovative approaches in food science to address nutritional deficiencies.

Conclusion

Fermentation of *Vigna radiata* seeds had a significant impact on the content of carbon, potassium, calcium and sulfur, as well as on the distribution of macro – and microelements. The obtained data confirm that optimization of fermentation parameters, such as temperature and sugar concentration, makes it possible to purposefully change the composition of functional food products (FPP). This is especially important for the development of foods rich in trace elements such as potassium, calcium and phosphorus, which helps to fill their deficiency in the diet.

In addition, fermented *Vigna radiata* seeds can be used to create dietary products with a reduced carbohydrate content, which makes them especially useful for people with impaired carbohydrate metabolism. Increasing the protein content and reducing антипитательных anti-nutrients, such as phytates, expand the possibilities of using such products to support metabolic processes and promote health.

The use of local raw materials, such as *Vigna radiata* seeds, represents an important step in the development of functional nutrition, as it minimizes transportation costs, reduces the carbon footprint and supports local agro-industrial complexes. Fermentation as a technological process provides high bioavailability of nutrients and vitamins, which makes such products not only useful, but also environmentally sustainable.

Thus, our results highlight the high potential of using fermented *Vigna radiata* seeds in the production of functional food products that can be widely used in the prevention and treatment of alimentary-dependent diseases, as well as in improving the health of the general population.

References

1. Gridneva E. Problems of the agricultural market. The market of food products / E. Gridneva, G. Kaliakparova, I. Padalko // Problems and prospects of development of the bread and bakery products market in the Republic of Kazakhstan. – 2018. – №1. – P. 7-15.

2. Antipova L.V. Evaluation of the potential of plant protein sources for food production / L.V. Antipova, L.E. Martemyanova // Food Industry. – 2023. – № 8. – P. 1-3.
 3. Karkh D. The study of the nutritional diet of the population as a prerequisite for the development of functional food products / D. Karkh, V. Abbazova // Electronic Scientific Journal «Diary of Science». – 2023. – № 12. – P. 9-16.
 4. Kurchaeva E.E. Dynamics of biochemical characteristics of *Vigna radiata* seeds during germination / E.E. Kurchaeva // World Science: Problems and Innovations. Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Part 1. – 2017. – P. 96-100.
 5. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes / G.N. Smith et al // Food Science and Nutrition. – 2018. – Vol. 6, № 8. – P. 2446-2458. URL: <https://doi.org/10.1002/fsn3.846>.
 6. Aitbaev T.E. Mung bean – A promising crop for Kazakhstan [Electronic resource]. – 2023. – URL: <https://agro-mart.kz/mash-perspektivnaya-kultura-dlya-kazahstana/> (retrieved April 2024).
 7. Zhu Y.-S. Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional, and bioactive properties / Y.-S. Zhu, S. Sun, R. FitzGerald // Food & Nutrition. – 2018. – February. – P. 1-10.
 8. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis / J.I. Goldstein et al // Springer. – 2003. – P. 128-134.
 9. Wongsiri S. Chemical composition, amino acid profile, and antioxidant activities of germinated mung beans / S. Wongsiri, T. Ohshima, K. Duangmal // Journal of Food Processing and Preservation. – 2015. – Vol. 39, № 6. – P. 1956-1964. URL: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12434>.
 10. Effect of optimized germination technology on polyphenol content and hypoglycemic activity of mung bean / B. Li et al // Frontiers in Nutrition. – 2023. – Vol. 10. – P. 1-20. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1138739>.
- Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts / R.-Y. Gan et al // International Journal of Food Science & Technology. – 2016. – Vol. 51, № 9. – P. 2090-2098. URL: <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13185/>

А.А. Макенова^{1*}, С.Д. Мусаев¹, Ғ.Т. Туменова², С.Н. Туменов⁴

¹Шымкент қаласының М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, 1600018, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке Хан д-лы, 5

²Петропавл қаласының М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, 150000, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ., Жумабаев көшесі, 114

³Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, 050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Гагарин д-лы, 238 «Г»

*e-mail: aliyamakenova02@gmail.com

VIGNA RADIATA ТҰҚЫМЫН АШЫТУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН САХАРОЗАНЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ ҚҰРАМЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Рационда микроэлементтер мен дәрумендердің жетіспеушілігі Мәселесі Қазақстандағы тамақтану саласындағы негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Тұтынуазық-түлік өнімдері, құрамында қоректік заттар, атап айтқанда минералды құрамы жеткіліксіз, макронутриенттердің жетіспеушілігіне әкеледі, бұл халықтың денсаулығына теріс әсер етеді. Бұл жұмыста Сахарозаны 1% және 3% концентрациясында қосып, винья радиата тұқымын ашытудың элементтік және минералды құрамға әсері зерттелді. Эксперименттік үлгілер 10°С және 35°С температурада 48 сағат бойы ашытылды. нәтижелер көрсеткендей, калийдің максималды мөлшері (34,81 мг/г) 35°С температурада ашытылған және сахароза концентрациясы 3%, ал кальций мөлшері (3,62 мг/г) 10°С температурада және сахароза концентрациясы 1%-да ең жоғары болды. Жоғары температура мен қант концентрациясы күкірт (2,21 мг/г дейін) мен калийдің жоғарылауына ықпал ететіні анықталды, ал төмен температурада магний мен кальций сақталады. Зерттеу ашыту параметрлері минералдардың биожетімділігіне айтарлықтай әсер ететінін растайды. Бұл мәліметтер пайдалы қазбалардың құндылығын арттыруға және микроэлементтерге деген қажеттілікті қанағаттандыруға бағытталған функционалды тамақ өнімдерін жасау үшін практикалық маңызы бар.

Түйін сөздер: ашыту, *Vigna Radiata*, минералды құрамы, сахароза, функционалды өнімдер.

А.А. Макенова^{1*}, С.Д. Мусаева¹, Г.Т. Туменова², С.Н. Туменов³

¹Южно-Казахстанский Университет им. М. Ауэзова

1600018, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке Хана, 5

²Северо-Казахстанский Государственный Университет им. М. Козыбаева,
50000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Жумабаева, 114

³Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой
промышленности, Республика Казахстан, г. Алматы, пр-т Гагарина, 238 «Г»

*e-mail: aliyamakenova02@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ САХАРОЗЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ СЕМЯН VIGNA RADIATA, НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

*Проблема дефицита микроэлементов и витаминов в рационе питания является одной из ключевых в области питания в Казахстане. Употребление продуктов питания, не содержащих достаточного количества питательных веществ, в частности минеральных веществ, приводит к недостатку макроэлементов, что негативно сказывается на здоровье населения. В данной работе исследуется влияние ферментации семян *Vigna radiata* на элементный и минеральный состав с добавлением сахарозы в концентрациях 1% и 3%. Экспериментальные образцы ферментировались в течение 48 часов при температурах 10°C и 35°C. Результаты показали, что максимальное содержание калия (34,81 мг/г) было достигнуто в образце, ферментированном при 35°C и концентрации сахарозы 3%, а содержание кальция (3,62 мг/г) оказалось наибольшим при температуре 10°C и концентрации сахарозы 1%. Установлено, что высокие температуры и концентрации сахара способствуют увеличению содержания серы (до 2,21 мг/г) и калия, в то время как низкие температуры сохраняют магний и кальций. Исследование подтверждает, что параметры ферментации существенно влияют на биодоступность минеральных веществ. Полученные данные имеют практическое значение для разработки функциональных продуктов питания, направленных на повышение минеральной ценности и восполнение потребностей в микроэлементах.*

Ключевые слова: ферментация, *Vigna radiata*, минеральный состав, сахароза, функциональные продукты.

Information about the authors

Aliya Amantayevna Makenova* – doctoral student of the Department «Technology and Safety of food products»; M. Auezov South Kazakhstan University of Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Saltanat Dzumatkzy Mussayeva – candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Engineering; M. Auezov South Kazakhstan University of Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Galiya Tleuhanovna Tumenova – candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Security; M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Serik Niyazbekovich Tumenov – Chief Research Scientist of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Republic of Kazakhstan; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Авторлар туралы мәліметтер

Алия Амантаевна Макенова* – «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты; Шымкент қаласының М. Ауэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Қазақстан; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Салтанат Джуматқызы Мусаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ инженериясы» кафедрасының профессоры; Шымкент қаласының М. Ауэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Қазақстан; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Ғалия Тлеухановна Туменова – техника ғылымдарының кандидаты, «Азық-түлік қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; Петропавл қаласының М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Серик Ниязбекович Туменов – бас ғылыми қызметкер, Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан Республикасы; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Сведения об авторах

Алия Амантаевна Макенова* – докторант кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов»; Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова города Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Салтанат Джуматкызы Мусаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Пищевая инженерия»; Южно-Казахстанский Университет им. М. Ауэзова города Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Галия Тлеухановна Туменова – кандидат технических наук, профессор кафедры «Продовольственная безопасность»; Северо-Казахстанский Государственный Университет им. М. Козыбаева, Республика Казахстан; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Серик Ниязбекович Туменов – главный научный сотрудник ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: s.tumenov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3086-1533>.

Received 06.01.2025

Revised 10.02.2025

Accepted 11.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-32)



FTAXP: 68.30.24

А.А. Мирзакулова*, Т.Е. Сарсембаева, Б. Калемшарив

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

*e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru

ИТМҰРЫНМЕН БАЙЫТЫЛҒАН САРЫСУДЫ ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Аңдатпа: Мақалада итмұрын сығындысы қосылған сарысу негізіндегі функционалды сусындарды өндірудің технологиялық аспектілерін зерттеу және әзірлеу нәтижелері берілген. Бұл зерттеудің өзектілігі итмұрынмен байытылған сарысуды өңдеудің қалдықсыз технологиясын әзірлеу және қазіргі өмір сүру жағдайында адамның иммунитетін сақтауға көмектесетін жаңа өнімдерді жасау қажеттілігіне байланысты. Зерттеудің мақсаты – итмұрынмен байытылған сарысу өндірісінің технологиялық аспектілерін зерттеу. Негізгі міндеттер: итмұрыннан биологиялық белсенді заттарға бай сарысуды өндіруге қажетті негізгі технологияларды анықтау; сусындағы белсенді заттардың құрамын арттыруға бағытталған әдістерді сипаттау; итмұрынмен байытылған сарысудың физика-химиялық, микробиологиялық және органолептикалық көрсеткіштерін зерттеу. Бұл сусынның ерекшелігі - бұл өнімдердің адам рационына қосылуы әртүрлі аурулардың алдын алуға және жалпы денсаулықты жақсартуға көмектеседі. Сонымен қатар, сусын өндірісінде сарысу мен итмұрын пайдалану тамақ өнеркәсібі үшін жаңа мүмкіндіктер ашады, ресурстарды тұрақты пайдалануға ықпал етеді және азық-түлік өнімдерінің ассортиментін кеңейтеді. Зерттеу сусындағы белсенді ингредиенттердің мазмұнын арттыруға бағытталған әдістерді сипаттайды. Бұл әдістер сарысуды өңдеудің әртүрлі технологияларын және оны итмұрынмен байыту әдістерін қамтиды. Зерттеу нәтижелері жақсартылған тұтынушылық сипаттамалары және жоғары тағамдық құндылығы бар тиімді сарысу сусындарын өндірудің жаңа формалары мен технологияларын әзірлеуде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: сарысу, итмұрын, өндіру технологиясы, белсенді заттар, химиялық құрамы, бифидобактериялар.

Кіріспе

Соңғы онжылдықтарда индустриалды дамыған елдерде қалыптасқан қолайсыз экологиялық жағдайлар адам иммунитетінің төмендеуіне әкелетін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Сондықтан қазіргі тамақ өнеркәсібінің негізгі бағыттарының бірі адамның иммунитетін жақсартуға көмектесетін тиімді тамақ өнімдерін өндіру болып табылады.

Қалдықсыз және қалдығы аз технологияларды дамыту әлемдік ғылыми зерттеулердің қозғаушы және маңызды бөлігі болып табылады. Сондықтан, отандық және халықаралық зерттеулердің негізгі мәселелерінің бірі сарысуды азық-түлік және басқа да мақсаттарда өңдеу болып табылады [1].

Сүт өндірісі өскен сайын сарысу өндірісі де өседі. Сарысуды ұтымды пайдалануға бағытталған көптеген зерттеулерге қарамастан, мәселе шешілген жоқ. Бұл мәселені шешу тек жанама өнімдерден жаңа өнім алу мүмкіндігін алуға ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаның ластануын болдырмауға бағытталған. Сарысудың оттегіге биологиялық сұранысы және химиялық оттегіге сұранысы жоғары [2].

Сарысудың құрамында күрделі биобелсенді элементтер бар (сарысу ақуызы, алмастырылмайтын амин қышқылдары, лактоза, 30-дан астам макроэлементтер мен микроэлементтер (Ca, P, Fe және т.б.)) және сондықтан тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары; еритін дәрумендер (C, B, PP, β -каротин, A, E), көмірсулар, ферменттер және т.б., бұл адам денсаулығын жақсартуға бағытталған функционалды сусындарды өндіру үшін тартымды етеді. Ол ас қорытуды, иммунитетті және адамның зат алмасуын жақсартады [3].

Ерекшелігі құрамында антиоксиданттық белсенділігі бар органикалық заттары бар өсімдік сығындыларын композицияға енгізу арқылы сарысу сусындарының органолептикалық көрсеткіштерін, биологиялық құндылығын және функционалдық сипаттамаларын реттеуге болады, сол арқылы организмнің әртүрлі патологиялық жағдайларының дамуын болдырмайды. Мұндай сусындарды пайдалану стрессті, атеросклерозды, миокард инфарктісін және қатерлі ісіктерді азайтуға көмектеседі және дәстүрлі жасанды тағамдық қоспаларды (консерванттарды) қолданбай дайын өнімнің жарамдылық мерзімін ұзартуға көмектеседі [4].

Дәрілік өсімдіктердің көптеген емдік және профилактикалық әсерлері, бірегей биохимиялық құрамы және биологиялық қасиеттерінің кешені бар, бұл оларды сүт өнеркәсібі үшін перспективалы шикізат етеді.

Дәрілік өсімдіктер жануарлар ағзасы шығара алмайтын көптеген күрделі химиялық заттарды шығарады. Итмұрын – емдік қасиеті бар өсімдіктердің бірі. Итмұрынның құрамында 5,5%-ға дейін аскорбин қышқылы (C дәрумені), каротин (провитамин A) – 12-18 мг%, B2 дәрумені – 0,03 мг%, K дәрумені, сонымен қатар флавоноидтар, 18%-ға жуық қант, 4 % пектин заттары бар, 4,5% дейін таниндер және шамамен 2% лимон қышқылы, сондай-ақ алма және басқа қышқылдар.

Ғылыми медицинада итмұрын мультивитамин ретінде қолданылады [5].

Сондықтан итмұрынмен байытылған сарысуды өндірудің техникалық аспектілері тұтынушылардың денсаулығын жақсартатын жаңа тиімді өнімдерді әзірлеудегі маңызды қадам болып табылады. Сарысуды итмұрын сығындысымен байыту тағамдық құндылықты арттырып қана қоймайды, сонымен қатар әртүрлі аурулардан қорғайтын тиімді сусындарды жасау үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл мақалада итмұрын сарысуы мен сығындыларының дұрыс комбинациясына қол жеткізу үшін қолдануға болатын негізгі технологиялар және олардың түпкілікті өнімнің органолептикалық және функционалдық сипаттамаларына қалай әсер ететіні қарастырылады.

Зерттеу әдістері

Мақалада келесі зерттеу әдістері қолданылады:

1. Сарысудың химиялық құрамын есепке алудың физика-химиялық әдістері, итмұрынның биологиялық белсенді заттарының құрамын талдау, сарысу концентратының физика-химиялық көрсеткіштерін анықтау (рефрактометрия, рН-метрия, титрлеу, спектрофотометрия, вискозиметрия, атомдық абсорбциялық спектрометрия, газ хроматографиясы). Бұл әдістер ГОСТ 32901-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері» және ГОСТ 32951-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Дәрумендердің құрамын анықтау әдістері» [6, 7];

2. Микробиологиялық әдістер, соның ішінде сарысу концентратының микробтық қауіпсіздігін анықтау және сарысудағы пробиотикалық дақылдардың дамуына итмұрынның әсерін зерттеу (бактерияларды-КФУ/г санау, ашытқылар мен зеңдерді санау, пробиотикалық дақылдарды санау). ҚР СТ 1598-2006 «Азық-түлік өнімдері. Пробиотикалық микроорганизмдердің санын анықтау және анықтау әдістері» және ҚР СТ 1179-2003 «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі. Микробиология. Жалпы талаптар және сынама алу әдістері», [8, 9] сәйкес анықталған;

3. Органолептикалық әдістерді қолдану арқылы сарысудың органолептикалық сипаттамаларын бағалау әдістемесі (сусынның түсін, хош иісін, дәмін және консистенциясын

сенсорлық бағалауды оқытылған мамандар тобы жүргізді). ГОСТ 32901-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері» [10];

4. Сарысуды итмұрын сығындысымен немесе ұнтақпен байытудың тиісті режимдері мен параметрлерін және сақтау кезінде сарысудың қауіпсіздігі мен тұрақтылығына концентрацияның әсерін зерттеудің технологиялық әдістерін зерттеу (термостаттардың көмегімен температура, уақыт, итмұрын концентрациясы сияқты өндірістік процестің параметрлерін оңтайландыру, араластырғыштар, гомогенизаторлар және пастерлеу құрылғылары). ҚР СТ 2302-2013 «Сүт өнімдері. Жалпы техникалық шарттарға» және Қазақстан Республикасының СТ 1179-2003 «Азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігі. Жалпы талаптар және сынама алу әдістері» [11,9].

Бұл әдістерді біріктіріп қолдану итмұрынмен байытылған сарысу өндірісінің технологиялық аспектілерін жан-жақты зерттеуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен пікірталас

Соңғы классификация бойынша сарысу ірімшіктің, сүзбенің, казеиннің және ультрафилтраттың әртүрлі түрлерін өндірудегі екіншілік сүт өнімі болып табылады.

Сарысу құрғақ затының сандық және химиялық құрамы сүт өндірудің негізгі әдісі мен технологиясына, әсіресе қолданылатын жабдықтың түріне байланысты. Су сарысуының 93-95% құрайды және қосылыс түріне байланысты бос, физика-химиялық және химиялық күйде болады.

Сарысуда 200-ден астам компоненттер бар. Олардың негізгілеріне лактоза – 71%, сарысудағы сарысу ақуыздары – 15%, минералды құрамы 7,8%, липидтер – 5,6%, басқа заттар 0,9% шамасында жатады.

Сарысудың негізгі компоненттерінің бірі лактоза болып табылады, оның құрамында 70% дейін құрғақ зат бар.

Сүтқоректілердің әртүрлі түрлерінің сүтіндегі сарысу ақуыздарының құрамы 6-10 г/л протеинге дейін өзгеруі мүмкін. Ірі қара сарысуының негізгі сарысу ақуыздары: β -лактоглобулин және α -лактальбумин – жалпы сарысу ақуызының шамамен 70-80% құрайтын төмен молекулалы ақуыздар; сиыр сарысуындағы альбумин; иммуноглобулиндер және казеиннің кейбір фракциялары.

Сарысу ақуыздарына гликомаропептидтер, протеолитикалық пептондар және лактоферрин сияқты ұсақ заттар кіреді. Лактоферрин – бактерицидтік қасиеттері бар және иммунитетті жақсартуға көмектесетін табиғи антиоксидант. Ол патогендік бактериялар мен саңырауқұлақтардың өсуін тежейді, бифидобактериялардың өсуіне және ішек микрофлорасының қалыпты жұмысына ықпал етеді. Лактопероксидаза сонымен қатар бактериялардың өсуін тежейді. Протеаза пептондары сарысу ақуыздарының шамамен 24% құрайды және молекулалық салмағы шамамен 41 кДа құрайтын компоненттерді қамтиды. Гликомакропротеиндер құрамында көмірсулардың жоғары деңгейі (17%) және ұсақ ақуыздар санатына жатады. Фосфопептидтер лактопротеиназа әсерінен β -казеиннің гидролизі кезінде түзіледі. Сарысу липидтері көбірек дисперсті және ас қорыту процестеріне пайдалы әсер етеді [12, 13].

Сарысудың минералды құрамы биологиялық әртүрлі және оңтайлы теңдестірілген кешендердің кең спектріне ие. Сүттің барлық дерлік макро- және микроэлементтері сарысуға өтеді. Сарысудың минералды құрамы 1-кестеде берілген.

Кесте 1 – Сарысудың минералды құрамы, 100 г өнімге

№ п/п	Дәрумендердің атауы	Құрамы, мг
1	Кальций	103
2	Темір	0,1
3	Магний	10
4	Калий	143
5	Натрий	48
6	Фосфор	78
7	Цинк	0,4
8	Селен	$1,8 \cdot 10^{-3}$

Сарысудың құрамында суда еритін және майда еритін дәрумендер бар. Соңғысының құрамы сүтті алғашқы өңдеу кезінде липидтерді пайдалану дәрежесімен анықталады. Сарысуда олардың саны көбірек. Суда еритін дәрумендер толығымен дерлік сарысуға

ауысады, олардың тәтті сарысуындағы мөлшері қышқыл сарысуға қарағанда жоғары. Дәрумендердің кілегейден сарысуға өту дәрежесі 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Дәрумендердің қаймағысыз сүттен сарысуға өту дәрежесі

№ п/п	Атауы	%
1	Тиамин (B1)	82
2	Рибофлавин (B2)	92
3	Пиридоксин (B6)	89
4	Кобаламин (B12)	59
5	Аскорбин қышқылы (C)	79
6	Никотин қышқылы (NA)	55
7	Ретинол (A)	12
8	Холин	100
9	Биотин	91
10	Токоферол (E)	33

Сүттен сарысуға өтетін ең маңызды дәрумендер – рибофлавин, фолий қышқылы және кобаламин. Соңғы екеуі сарысу ақуыздарымен байланысты және ірімшік өндіру кезінде сарысуға айналады. Сүт сарысуында ірімшік өндірісінде қолданылатын сүт қышқылы штаммдарының белсенділігіне байланысты B₂ дәрумені сүтке қарағанда көбірек. Рибофлавиннің салыстырмалы түрде жоғары деңгейіне байланысты сарысуға тән сары – жасыл түс бар.

Сарысудың органикалық қышқылдары: сүт, лимон, нуклеин. Сарысудағы ұшпа май қышқылдарының мөлшері тәтті сарысуға қарағанда жоғары, бұл бастапқы өнімдерді дайындау кезінде майлардың гидролизденуімен түсіндіріледі. Осылайша, қышқыл сарысудағы сірке қышқылы тәтті сарысуға қарағанда 4,2 есе көп. Сүт қышқылы лактозаның ішінара ашыту өнімі болып табылады және патогендік микрофлораның әсерін басу қабілетіне ие.

Сарысу ферменттері: гидролазалар, фосфорилазалар, лактазалар, липазалар, сонымен қатар ыдырау, тасымалдау, тотықсыздану, изомерлену ферменттері. Протеолитикалық ферменттердің болуы тіркелді, олар да ақуыздардың ыдырауына ықпал етеді. Қышқыл сарысуда ферменттердің болуы тәтті сарысуға қарағанда айқынырақ. Олардың мазмұны негізінен сүтті алғашқы өңдеумен анықталады.

Сарысудағы газдар – көмірқышқыл газы, азот, оттегі. Казеинді өндіру кезінде сарысуға кейбір минералды қышқылдар – тұз және күкірт те түседі. Антибиотик нисиннің болуы да хабарланды [14].

Осылайша, сарысу сүт өндірісінің бағалы және күрделі қосалқы өнімі болып табылады. Оның құрамында қоректік заттардың кең ауқымы бар. Бірегей химиялық құрамының арқасында сарысу тамақ өнеркәсібінде үлкен қызығушылық тудырады және әртүрлі тағам өнімдерін жасау үшін құнды ингредиент ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Жұмыстың мақсатына сәйкес итмұрынмен байытылған сарысу өндірісіндегі итмұрынның негізгі қасиеттерін одан әрі зерттеу қажет.

Әрі қарай құрғақ итмұрын сығындысының микробиологиялық көрсеткіштері қарастырылады, олар 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3 – Құрғақ итмұрын сығындысының микробиологиялық көрсеткіштері

№ п/п	Көрсеткіш	Көрсеткіш мәні
1	Мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер организмдер, CFU/g, артық емес	5,0 x 10 ⁴
2	Колиформды топтың бактериялары (колиформ), шамамен 0,1 г түтік	Жоқ
3	E. coli, 1,0 г	Жоқ
4	Қалыптар, CFU 1 г өнімде, артық емес	100
5	Ашытқы, КТБ 1 г өнімде, артық емес	100
6	Патогендік микроорганизмдер, соның ішінде сальмонеллалар 10 г	Рұқсат етілмейді

Итмұрынның химиялық құрамы 4-кестеде сәйкес көрсетілген.

Кесте 4 – Итмұрынның химиялық құрамы

№ п/п	Құрамдас		Масса үлесі, % с. в.
1	Ақуыз		8,71
2	Липидтер		0,18
3	Күл		14,12
4	Диеталық талшық	ерімейтін	6,63
		еритін	9,43
		Барлығы	16,06
5	Көмірсулар	Глюкоза	3,37
		Фруктоза	3,59
		Барлығы	6,96
6	Органикалық қышқылдар	лимон	0,19
7	Полифенолды қосылыстар		52,88

4-кестеден құрғақ итмұрын сығындысының негізгі компоненті полифенолды қосылыстар екенін көруге болады. Құрғақ итмұрын сығындысында ақуыздар, көмірсулар, диеталық талшықтар, липидтер және күл элементтері сияқты оның тағамдық құндылығын анықтайтын компоненттер де бар. Өнімнің жоғары күлділігі сығындыдағы минералдардың айтарлықтай мөлшерін көрсетеді.

Құрғақ итмұрын сығындысының липидтерінің май қышқылының құрамы 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5 – Құрғақ итмұрын сығындысының липидтерінің май қышқылдық құрамы

№ п/п	Қышқылдар	%
1	стеарин	5,37
2	пальмитикалық	29,26
3	олеин	11,92
4	эфирлік ω -6 линол	24,68
5	ω -3 α -линолен	10,28

5 кестедегі мәліметтер құрғақ итмұрын сығындысының липидтерінің жоғары биологиялық тиімділігін көрсетеді.

Құрғақ итмұрын сығындысы 6 және 7-кестелерде көрсетілгендей дәрумендер мен минералдар сияқты маңызды микроингредиенттердің көзі болып табылады.

Кесте 6 – Құрғақ итмұрын сығындысындағы дәрумендердің массалық үлесі

№ п/п	Дәрумендердің атауы	Құрамы, мг/кг
1	С дәрумені	6411,1
2	А дәрумені	165,3
3	Е дәрумені	405,2
4	РР дәрумені	26,0
5	В ₁ дәрумені	37,1
6	В ₂ дәрумені	352,2

Кесте 7 – Құрғақ итмұрын сығындысындағы минералдардың мөлшері

№ п/п	Элемент атаулары		Құрамы, мг/100г
1	Макроэлементтер	Калий	7434,5
2		Кальций	2279,3
3		Магний	3467,7
4		Натрий	300,9
5	Микроэлементтер	Темір	22,1

Жоғарыда келтірілген ақпараттан көрініп тұрғандай, құрғақ итмұрын сығындысындағы аскорбин қышқылының және Е дәруменінің жоғары мөлшері оны антиоксиданттардың жақсы көзі деп санауға мүмкіндік береді. Айта кету керек, оның құрамында калий, магний және кальций сияқты минералдардың жоғары деңгейі бар.

Құрғақ итмұрын сығындысының биологиялық белсенді заттарының ішінде полифенолды қосылыстар ерекше қызығушылық тудырады, олардың әртүрлі биологиялық белсенділігі профилактикалық өнімдерді жасау үшін негіз бола алады. Фенолды қосылыстар

реактивті оттегі қосылыстарын, липидті пероксидті және алкоксильді радикалдарды пайдалану арқылы липидтердің асқын тотығуын және өтпелі металл иондарымен хелаттық кешендердің түзілуін болдырмайтын көп функциялы антиоксиданттар болып табылатын флавоноидтар мен фенол қышқылдарымен ұсынылған.

Итмұрын ұнтақтарында флавоноидлар кверцетин және кемпферол түріндегі агликондар және флавоноид гликозидтері – рутин және гиперозид түрінде ұсынылған.

Табиғи антиоксиданттардың және олардың синергисттерінің тиімді комбинациясы құрғақ итмұрын сығындысының жоғары антиоксиданттық қасиеттерінің көрінісін анықтайды. Құрғақ итмұрын сығындысындағы ДПФГ радикалының тежелу дәрежесі 31,6%, ал тролокс эквивалентіне қатысты антиоксиданттық белсенділік 3761 мг/100 г құрады [15].

Сарысу сусынға итмұрын сығындысын немесе ұнтақты қосу оның физика-химиялық сипаттамаларына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Итмұрын құрамында аскорбин, лимон және алма сияқты органикалық қышқылдар бар, олар сусынның рН деңгейін төмендетіп, оны қышқыл етеді. Қосылған итмұрын мөлшері рН өзгеру дәрежесін анықтайды. Итмұрын құрамындағы органикалық қышқылдар да сусынның титрленетін қышқылдығын арттырады, ал сығынды немесе ұнтақ неғұрлым көп қосылса, титрленетін қышқылдық соғұрлым жоғары болады. Итмұрын құрамында пектиндер мен басқа да полисахаридтер бар, олар сусынның реологиялық қасиеттеріне әсер етуі мүмкін, атап айтқанда, оның тұтқырлығын арттырады. Тұтқырлықтың өзгеру дәрежесі қосылған итмұрын концентрациясына байланысты болады. Сонымен қатар, итмұрын қосу құрамындағы пигменттерге байланысты сусынның түсінің өзгеруіне, сондай-ақ С дәрумені мен басқа да биологиялық белсенді заттардың мазмұнын арттыруға әкелуі мүмкін. Дәмі мен хош иісі сияқты сенсорлық сипаттамаларды итмұрын қосу арқылы да өзгертуге болады. Осылайша, итмұрын сығындысының немесе ұнтақтың сарысуы сусынының физика-химиялық көрсеткіштеріне әсерін ескеру оның құрамын әзірлеу және оңтайландыру кезінде маңызды аспект болып табылады [16].

Сондықтан сарысуға итмұрын қосу келесі аспектілерге байланысты:

1. Шиповник – жеміс-жидек дақылдары арасында С дәруменінің ең бай көздерінің бірі болып табылады. 100 г жаңа шиповник құрамында 400-1000 мг аскорбин қышқылы (С дәрумені) бар. Сондықтан, сарысуды шиповникпен байыту оның витаминдік құндылығын едәуір арттырады.

2. Биобелсенді қосылыстар. Итмұрын тек С дәруменіне ғана емес, сонымен қатар басқа да биологиялық белсенді заттарға, мысалы, флавоноидтарға (рутин, кверцетин, катехиндер), каротиноидтарға (β-каротин, ликопен), фенол қышқылдарына (гал, хлорогендік) бай. Бұл қосылыстар антиоксиданттық, қабынуға қарсы және иммуномодуляциялық қасиеттерге ие.

3. Сарысумен үйлесімді. Итмұрын теріс реакциялар немесе жауын-шашын тудырмай, сүт ортасымен жақсы үйлеседі. Кейбір басқа жидектерден айырмашылығы, итмұрынның айқын қышқылдық немесе тұтқыр қасиеттері жоқ, бұл оларды сарысу өніміне үйлесімді түрде біріктіруге мүмкіндік береді.

Осылайша, оның құрамындағы С дәруменінің жоғары мөлшері, биобелсенді қосылыстардың бай профилі және сүт ортасымен үйлесімділігі итмұрын басқа жидектерге қарағанда сарысуды байыту үшін таңдаулы ингредиент етеді.

Жұмыстың нәтижесінде сарысу сусынының микробиологиялық көрсеткіштері мен қауіпсіздігі, сонымен қатар итмұрын сығындысының/ұнтақтың сарысудағы пробиотикалық дақылдардың дамуына әсері 1-суретте көрсетілгендей жан-жақты зерттелді.



Сурет 1 – Сарысу сусынның микробиологиялық қауіпсіздігін бағалау

Осы көрсеткіштердің әрқайсысын толығырақ қарастырайық.

1. Микробтардың жалпы саны (МЖС) – бұл көрсеткіш өнімдегі өміршең микроорганизмдердің жалпы санын көрсетеді. Сарысу сусындары үшін рұқсат етілген МЖС мәні, әдетте, 1×10^4 CFU/cm³ (1 см³ үшін колония құраушы бірлік) аспауы керек.

2. Патогендік микроорганизмдердің болуы – сусынның құрамында *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 және т.б. патогенді бактериялардың болмауын тексеру қажет.

3. Ашытқылар мен зеңдер – сарысу сусынындағы ашытқылар мен зеңдердің мөлшері шектелуі керек, әдетте 1×10^2 КТБ/см³ аспауы керек.

4. *Escherichia coli* бактериялары (таяқшалар) – бұл көрсеткіш өнімнің ықтимал фекальды ластануын көрсетеді. Сарысу сусындар үшін 1 см³ өнімде колиформалар болмауы керек.

Осылайша, итмұрын сығындысының/ұнтақтың сарысудағы пробиотикалық дақылдардың дамуына әсері келесідей:

1. Итмұрын сарысуындағы пробиотикалық микроорганизмдердің өсуі мен дамуына ынталандырушы әсер ете алатын дәрумендерге, минералдарға және биологиялық белсенді заттарға бай.

2. Итмұрын құрамындағы фенолды қосылыстар, аскорбин қышқылы және басқа да антиоксиданттар лактобактериялар мен бифидобактериялар сияқты пробиотикалық дақылдарға қолайлы жағдай жасай алады.

3. Итмұрыннан алынған пребиотикалық талшықтар пробиотикалық микроорганизмдер үшін көбею алаңы бола алады, олардың сарысуында өсуі мен көбеюін ынталандырады.

Тұтастай алғанда, микробиологиялық қауіпсіздікті және итмұрынның пробиотиктерге әсерін бағалау сапалы сарысуын әзірлеу және өндіру кезінде маңызды аспектілер болып табылады.

Әрі қарай, 8-кестеде итмұрын сығындысы/ұнтақ қосылған сарысу сусынның органолептикалық бағалау нәтижесін ұсынамыз.

Кесте 8 – Итмұрын сығындысы/ұнтақ қосылған сарысу сусынының органолептикалық бағасы

№ п/п	Мүлік атаулары	Итмұрынның болуы	Негізгі мүмкіндіктер
1	Түс	итмұрын қоспай	сарысу сусынының сарысуға тән ашық сары немесе бозғылт сары түсі бар
		итмұрын қосылғанда	сусынның түсі итмұрын сығындысының/ұнтақтың болуына байланысты қаныққан сарғыш-қызыл реңкке ие болады
2	Хош иіс	итмұрын қоспай	сарысу сусынның хош иісі жұмсақ, сүтті, жеңіл қышқыл сүт ноталары бар
		итмұрын қосылғанда	сусынның хош иісі итмұрынға тән жағымды жеміс–жидек реңктерімен айқынырақ болады
3	Дәмі	итмұрын қоспай	сарысу сусынның дәмі аздап қышқыл, сергітетін, аздап тәтті
		итмұрын қосылғанда	сусынның дәмі айқын тәтті және қышқыл профилге ие болады, итмұрынның айқын жидек ноталары бар, жағымды қышқылдық бар
4	Жүйелілік	итмұрын қоспай	сарысу сусынның консистенциясы сұйық, біртекті, тұнбасыз
		итмұрын қосылғанда	сусынның консистенциясы қосылған итмұрын мөлшері мен формасына (сығындысы/ұнтақ) байланысты сәл тұтқыр болуы мүмкін

Осылайша, сарысу сусынға итмұрын сығындысын/ұнтағын қосу оның органолептикалық қасиеттерін айтарлықтай байытады және жақсартады. Сусынның жидек ноталары бар таза түсі, бай хош иісі және дәмі бар. Консистенциясы сәл тұтқыр болуы мүмкін. Жалпы, итмұрын қосу сарысуды тартымды етеді және оны пайдалы биологиялық белсенді заттармен байытады.

Сарысуды итмұрын сығындысы ұнтағымен байыту үшін оңтайлы режимдер мен параметрлерді таңдау осы өнімді әзірлеудегі маңызды қадам болып табылады. Қосылған итмұрын концентрациясы дайын өнімнің органолептикалық және физико-химиялық сипаттамаларын бұзбай, итмұрын құрамындағы биологиялық белсенді заттармен сусынның барынша байытылуын қамтамасыз ету үшін мұқият таңдалуы керек.

Итмұрын сығындысының немесе ұнтақтың оңтайлы концентрациясы жалпы сарысудың 2-ден 5% -ға дейінгі диапазонында болады. Жоғары концентрациялар жағымсыз дәм мен хош иіс сипаттамаларына, сондай-ақ сусынның сәре тұрақтылығының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Итмұрын сығындысы/ұнтағы бар сарысуды өңдеу температурасы мен уақыты да маңызды рөл атқарады. Әдетте, оңтайлы температура 40-тан 60°C-қа дейін, ал өңдеу уақыты 10–нан 30 минутқа дейін. Жоғары температура және ұзақ өңдеу уақыттары итмұрын құрамындағы термолабильді биологиялық белсенді заттардың жойылуына және нәтижесінде олардың дайын өнімдегі мөлшерінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Қосылған итмұрын концентрациясының сақтау кезінде сарысуы сусынының қауіпсіздігі мен тұрақтылығына әсері де мұқият зерттеуді қажет етеді. Итмұрын – С дәруменінің, каротиноидтардың, флавоноидтардың және басқа да биологиялық белсенді заттардың көзі, олар антиоксиданттық қасиеттерге ие және сақтау кезінде сусынның тұрақтылығына оң әсер етеді. Алайда, бұл заттардың шамадан тыс деңгейі жағымсыз дәм мен хош иіс сипаттамаларына, сондай-ақ өнімнің микробиологиялық тұрақтылығының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сарысуды өндіру технологиясының сипаттамасы келесідей.

Ірімшік өндірісінің қосалқы өнімі болып табылатын сарысу одан әрі өңдеу үшін тазартылады және стандартталады. Сарысуды байыту үшін итмұрын пайдаланылады – С дәруменіне, каротиноидтерге және басқа да биологиялық белсенді заттарға бай итмұрын мұқият жуылады, тұқымдардан тазартылады және біртекті массаға ұсақталады. Итмұрын целлюлозасының ұсынылатын мөлшері жалпы сарысудың шамамен 5% құрайды. Жаңа итмұрынның құрамындағы С дәруменінің концентрациясы шамамен 300-1000 мг/100 г. л. Итмұрынның құрамындағы каротиноидтардың мөлшері де жоғары – шамамен 5-15 мг/100 г. Сарысуға 5% қосқанда каротиноидтардың концентрациясы 2,5-7,5 мг/л жетеді, бұл айтарлықтай байытылады. Рутин және кверцетин сияқты итмұрын флавоноидтары шамамен 100-300 мг/100 г концентрациясында кездеседі.

Өндіріс технологиясының ерекшелігі – майда жақсы еритін сарысуға D3 дәруменін (холекальциферол) қосу. Ол есептелген мөлшерде итмұрынмен байытылған сарысуға енгізіледі. D3 дәруменінің оңтайлы концентрациясы 100 мл сарысуға 5 мкг құрайды. D3 дәрумені организмдегі кальцийдің (Ca^{2+}) сіңуін және метаболизмін реттеуде шешуші рөл атқарады. D3 дәрумені болған кезде кальций жақсы сіңеді және сүйектер мен тістерге өніп, олардың беріктігін арттырады. Сондықтан сарысу кальцийдің көзі болып табылады, ал D3 дәруменімен байыту оның сіңуін және биожетімділігін жақсартады. С және D3 дәрумендерінің біріктірілген әсері дененің антиоксиданттық қорғанысын күшейтеді. D3 дәрумені иммундық жүйені реттеуге қатысады, микробқа қарсы пептидтердің өндірісін ынталандырады және иммундық жасушалардың белсенділігін модуляциялайды. Итмұрын құрамында полифенолдар, флавоноидтар және иммуномодуляциялық әсері бар басқа да биологиялық белсенді қосылыстар бар. D3 дәрумені мен итмұрын компоненттерінің біріккен болуы дененің иммундық қорғанысын күшейтеді.

Сарысуға итмұрын массасын және D3 дәруменін енгізгеннен кейін компоненттердің біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін мұқият араластыру жүргізіледі. Содан кейін сарысу микробиологиялық тұрақтылық пен өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін гомогенизацияланады және пастерленеді. Алынған сарысу сапаны сақтау үшін тұтынушылық ыдыстарға құйылады және герметикалық түрде оралады.

Осылайша, сарысуды итмұрын сығындысымен немесе ұнтақпен байытудың технологиялық аспектілерін кешенді зерттеу тұтынушылық сипаттамалары жақсартылған және биологиялық құндылығы жоғарылаған тиімді және қауіпсіз сарысу сусынын жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында сарысуды итмұрын сығындысымен немесе ұнтақпен байытудың әртүрлі аспектілері зерттелді, бұл осы компонентті қосудың соңғы өнімнің физика-химиялық, микробиологиялық және органолептикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсерін анықтады.

1. Сарысуға итмұрын қосу сусынның рН, титрленетін қышқылдығы мен тұтқырлығының өзгеруіне әкелді. Аскорбин және лимон қышқылдары сияқты органикалық қышқылдары бар итмұрын рН төмендетуге көмектесіп, сусынды қышқыл етті. Бұл рН өзгерісі өнімнің дәмі мен сақтау мерзімін жақсартуға пайдалы болуы мүмкін. Сусынның тұтқырлығы да жоғарылады,

бұл итмұрын құрамындағы пектиндердің және басқа полисахаридтердің болуына байланысты болуы мүмкін, бұл өнімді тұтынушылар үшін тартымды етеді.

2. Зерттеу көрсеткендей, итмұрын сығындысын қосу тек қана нашарлатпайды, сонымен қатар сарысудың микробиологиялық қауіпсіздігін жақсартып алады. Итмұрын патогендік микроорганизмдердің өсуін тежейтін антиоксиданттар мен биобелсенді қосылыстарға бай. Бұл өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды, өйткені сарысу әртүрлі микроорганизмдердің өсуіне орта береді.

3. Сарысудың дәмі мен хош иісті қасиеттері итмұрын қосу арқылы айтарлықтай жақсарды. Сусын итмұрынға тән қанық түсті, сондай-ақ жарқын жеміс хош иісі мен дәміне ие болды. Бұл өнімнің тұтынушыларға, әсіресе дәстүрлі сүт сусындарына пайдалы және дәмді балама іздеушілер арасында тартымдылығын арттыруы мүмкін.

4. Зерттеу сарысуға итмұрын қосудың оңтайлы шарттарын, оның ішінде сығынды концентрациясы мен өңдеу режимдерін анықтады. Бұл өндірушілерге жоғары сапалы және қауіпсіз өнімді алу үшін тиімді технологияларды жасауға мүмкіндік береді.

Осылайша, зерттеу нәтижелері сарысуды итмұрын сығындысымен байыту органолептикалық және тағамдық қасиеттері жақсартылған функционалды сусындар жасаудың перспективалы бағыты екенін растайды. Бұл сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге және тұтынушылардың пайдалы және дәмді сусындарға деген сұранысын қанағаттандыруға жаңа мүмкіндіктер ашады.

Қорытындылар

Зерттеу нәтижесінде келесі қорытындылар жасалды:

1. Сарысуды итмұрын сығындысымен немесе ұнтақпен байыту үшін оңтайлы концентрация жалпы көлемнің 2-5% құрайды. Құрамының жоғары болуы органолептикалық қасиеттерді (дәм, иіс) нашарлатуы және сақтау кезінде дайын өнімнің тұрақтылығын төмендетуі мүмкін.

2. Итмұрын қосу арқылы сарысуды емдеу 40-60° С температурада 10-30 минут бойы жүргізілуі керек. Неғұрлым қатаң өңдеу шарттары итмұрынның термолабильді биологиялық белсенді заттарының жойылуына, түпкілікті өнімнің пайдалы қасиеттерінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

3. Итмұрын қосу рН деңгейін төмендетеді және сусынның титрленетін қышқылдығын арттырады, бұл дәм сипаттамаларын жақсартады және сақтау мерзімін ұзартады.

4. Итмұрынның антиоксиданттар мен биологиялық белсенді қосылыстары патогендік микрофлораның өсуін басатын өнімнің микробиологиялық қауіпсіздігін арттыруға көмектеседі. Бұл сарысудың микробиологиялық ластануға бейімділігін ескере отырып, әсіресе маңызды.

5. Итмұрын қосылған сарысудан жасалған сусын итмұрынның тән ноталары бар тартымды көрініске (қанық түсті), жағымды хош иіс пен дәмге ие болады.

6. Итмұрын С дәруменінің (400-1000 мг/100 г) бай көзі болып табылады, ол соңғы өнімнің дәрумендік құндылығын айтарлықтай арттырады.

7. Ұсынылып отырған технология суда еритін D3 дәруменін (холекальциферол) 100 мл сарысуға 5 мкг концентрацияда қосуды қамтиды, бұл өнімнің тағамдық құндылығын арттырады және кальцийдің сіңуін жақсартады. С және D3 дәрумендерінің комбинациясы антиоксиданттық қорғанысты күшейтеді және иммунитетке оң әсер етеді. Итмұрын мен D3 дәруменін қосқаннан кейін дайын өнімнің микробиологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қоспаны мұқият араластырады, гомогенизациялайды және пастерлейді.

Зерттеу нәтижелері органолептикалық және қоректік қасиеттері жақсартылған, оның ішінде D3 дәрумені қосылған сарысу негізіндегі функционалды сусын жасау үшін итмұрын сығындысын пайдалану уәдесін қолдайды. Бұл сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейтіп, тұтынушылардың пайдалы және дәмді сусындарға деген өсіп келе жатқан сұранысын қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Экологические проблемы на пищевых производствах. [Электронный ресурс]. URL: – <https://ecoportal.su/public/industry/view/1665.html>.

2. Зипаев Д.В. Молочная сыворотка – ценное сырье для вторичной переработки / Д.В. Зипаев, А.В. Зимичев // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. – № 2. – С.14-16.

3. Теньковская Л.А. Разработка технологии и товароведная оценка функциональных напитков на основе молочной сыворотки: дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н.:05.18.15 / Людмила Александровна Теньковская. – Владивосток. – 2015. – 177 с.
4. Хасанова С.Р., Плеханова Т.И., Гашимова Д.Т. и др. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов. [Электронный ресурс] URL: – <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/01–33.pdf>
5. Келдибекова Д.А. Перспективы использования биологически активного комплекса шиповника в технологии функционального сывороточного напитка [Электронный ресурс]. URL: [file:///C:/Users/Пользователь/Downloads/perspektivy–ispolzovaniya–biologicheskii–aktivnogo–kompleksa–shipovnika–v–tehnologii–funktsionalnogo–syvorotochnogo–napitka%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Пользователь/Downloads/perspektivy–ispolzovaniya–biologicheskii–aktivnogo–kompleksa–shipovnika–v–tehnologii–funktsionalnogo–syvorotochnogo–napitka%20(1).pdf)
6. ГОСТ 32901-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері».
7. ГОСТ 32951-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Дәрумендердің құрамын анықтау әдістері».
8. ҚР СТ 1598-2006 «Азық-түлік өнімдері. Пробиотикалық микроорганизмдерді анықтау және санын анықтау әдістері».
9. ҚР СТ 1179-2003 «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі. Микробиология. Жалпы талаптар және сынама алу әдістері».
10. ГОСТ 32901-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Микробиологиялық талдау әдістері».
11. ҚР СТ 2302-2013 «Сүт өнімдері. Жалпы техникалық шарттар».
12. Сүт сарысуы өнімдері. [Электронный ресурс]. URL: – https://kopilkaurokov.ru/vsemUchitelam/prochee/sut_sarysuy_onimderi
13. Сивкова И. А., Андриянова. Э.М. Химический состав молочной сыворотки. [Электронный ресурс]. URL: – <https://files.scienceforum.ru/pdf/2021/604b6cf1aba60.pdf>.
14. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение / И.В. Паладий и др. // Электронная обработка материалов. – 2021. – № 57(1). – С. 52-69.
15. Дубцова Г.Н. Оценка биологически активных веществ сухого экстракта шиповника / Г.Н. Дубцова, И.К. Куницына // Пищевая промышленность. – 2018. – № 5. – С.32-34.
16. Боранкулова А.Б. Сүт қышқылды сусынның функционалдық–технологиялық қасиеттеріне итмұрын сығындысының әсерін зерттеу / А.Б. Боранкулова, Н. Маратқызы, Б.Е. Солтыбаева // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2023. – № 2. – Б.11-19.

References

1. Ekologicheskie problemy na pishchevykh proizvodstvakh. [Elektronnyi resurs]. URL: – <https://ecoportal.su/public/industry/view/1665.html>. (In Russian).
2. Zipaev D.V. Molochnaya syvorotka – tsennoe syr'e dlya vtorichnoi pererabotki / D.V. Zipaev, A.V. Zimichev // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2007. – № 2. – S.14-16. (In Russian).
3. Ten'kovskaya L.A. Razrabotka tekhnologii i tovarovednaya otsenka funktsional'nykh napitkov na osnove molochnoi syvorotki: diss. na soisk. uch. st. k.t.n.:05.18.15 / Lyudmila Aleksandrovna Ten'kovskaya. – Vladivostok. – 2015. – 177 s. (In Russian).
4. Khasanova S.R., Plekhanova T.I., Gashimova D.T. i dr. Sravnitel'noe izuchenie antioksidantnoi aktivnosti rastitel'nykh sborov. [Elektronnyi resurs] URL: – <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/01–33.pdf>. (In Russian).
5. Keldibekova D.A. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheskii aktivnogo kompleksa shipovnika v tekhnologii funktsional'nogo syvorotochnogo napitka [Elektronnyi resurs]. URL: [file:///C:/Users/Pol'zovatel/Downloads/perspektivy–ispolzovaniya–biologicheskii–aktivnogo–kompleksa–shipovnika–v–tehnologii–funktsionalnogo–syvorotochnogo–napitka%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pol'zovatel/Downloads/perspektivy–ispolzovaniya–biologicheskii–aktivnogo–kompleksa–shipovnika–v–tehnologii–funktsionalnogo–syvorotochnogo–napitka%20(1).pdf). (In Russian).
6. GOST 32901-2014 «Syt zhəne syt ənimderi. Mikrobiologiyalyq taldau ədisteri». (In Kazakh).
7. GOST 32951-2014 «Syt zhəne syt ənimderi. Dərumenderdiń quramyn anyqtau ədisteri». (In Kazakh).
8. ҚР СТ 1598-2006 «Азық-түлік өнімдері. Пробиотикалық микроорганизмдерді анықтау және санын анықтау әдістері». (In Kazakh).
9. ҚР СТ 1179-2003 «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі. Микробиология. Жалпы талаптар және сынама алу әдістері». (In Kazakh).

10. GOST 32901-2014 «Syt zhәне syt өнімдері. Mikrobiologiyalyқ taldau әдістері». (In Kazakh).
11. ҚР ST 2302-2013 «Syt өнімдері. Zhalpy tekhnikalық sharttaR». (In Kazakh).
12. Syt sarysuy өнімдері. [Ehlektronnyi resurs]. URL: – https://kopilkaurokov.ru/vsemUchitelam/prochee/sut_sarysuy_onimderi. (In Kazakh).
13. Sivkova I. A., Andriyanova. E.H.M. Khimicheskii sostav molochnoi syvorotki. [Ehlektronnyi resurs]. URL: – <https://files.scienceforum.ru/pdf/2021/604b6cf1aba60.pdf>. (In Russian).
14. Molochnaya syvorotka: obzor rabot. Chast' 1. Klassifikatsiya, sostav, svoistva, proizvodnye, primeneniye / I.V. Paladii i dr. // Ehlektronnaya obrabotka materialov. – 2021. – № 57(1). – S. 52-69. (In Russian).
15. Dubtsova G.N. Otsenka biologicheskii aktivnykh veshchestv sukhdogo ehkstrakta shipovnika / G.N. Dubtsova, I.K. Kunitsyna // Pishchevaya promyshlennost'. – 2018. – № 5. – S.32-34. (In Russian).
16. Borankulova A.B. Syt қуshқыldy susynnyң funktsionaldyқ–tekhnologiyalyқ қасиеттерine itmұryn syғyndysynnyң әserin zertteu / A.B. Borankulova, N. Maratkyzy, B.E. Soltybaeva // Almaty tekhnologiyalyқ universitetiniң khabarshysy. – 2023. – № 2. – B.11-19. (In Kazakh).

А.А. Мирзакулова*, Т.Е. Сарсембаева, Б. Калемшаров

Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Жениса, 62

*e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СЫВОРОТКИ, ОБОГАЩЕННОЙ ШИПОВНИКОМ

В статье представлены результаты исследований и разработки технологических аспектов производства функциональных напитков на основе сыворотки с экстрактом шиповника. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки безотходной технологии переработки сыворотки, обогащенной плодами шиповника, и создания новых продуктов, способствующих поддержанию иммунитета человека в современных условиях жизни. Цель исследования – изучить технологические аспекты производства сыворотки, обогащенной плодами шиповника. Основные задачи: определить основные технологии, необходимые для производства сыворотки, богатой биологически активными веществами, из плодов шиповника; описание методов, направленных на повышение содержания активных веществ в напитке; исследование физико-химических, микробиологических и органолептических показателей сыворотки, обогащенной плодами шиповника. Особенность этого напитка в том, что включение этих продуктов в рацион человека способствует профилактике различных заболеваний и улучшению общего состояния здоровья. Кроме того, использование сыворотки и плодов шиповника при производстве напитков открывает новые возможности для пищевой промышленности, способствует рациональному использованию ресурсов и расширяет ассортимент пищевых продуктов. В исследовании представлены методы, направленные на увеличение содержания активных ингредиентов в напитке. К этим методам относятся различные технологии переработки сыворотки и способы обогащения ее плодами шиповника. Результаты исследований могут быть использованы при разработке новых форм и технологий производства эффективных сывороточных напитков с улучшенными потребительскими характеристиками и высокой пищевой ценностью.

Ключевые слова: сыворotka, плоды шиповника, технология производства, действующие вещества, химический состав, бифидобактерии.

А.А. Mirzakulova*, Т.Е. Sarsembayeva, B. Kalemsharov

Kazakh Agrotechnical Research University named after Saken Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Avenue, 62

*e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF WHEY ENRICHED WITH ROSE HIPS

The article presents the results of research and development of technological aspects of production of functional drinks based on whey with rose hip extract. The relevance of this study is due to the need to develop a waste-free technology for processing whey enriched with rose hips and to create new products that help maintain human immunity in modern living conditions. The purpose of the study is to study the technological aspects of production of whey enriched with rose hips. The main objectives: to determine the main technologies necessary for production of whey rich in biologically active substances from rose hips; description

of methods aimed at increasing the content of active substances in the drink; study of physicochemical, microbiological and organoleptic indicators of whey enriched with rose hips. The peculiarity of this drink is that inclusion of these products in the human diet helps prevent various diseases and improve overall health. In addition, the use of whey and rose hips in beverage production opens up new opportunities for the food industry, promotes rational use of resources and expands the range of food products. The study presents methods aimed at increasing the content of active ingredients in the drink. These methods include various technologies for processing whey and methods for enriching it with rose hips. The results of the research can be used in the development of new forms and technologies for the production of effective whey drinks with improved consumer characteristics and high nutritional value.

Key words: whey, rose hips, production technology, active substances, chemical composition, bifidobacteria.

Авторлар туралы мәліметтер

Асия Акимкуловна Мирзакулова* – 2 курс «Стандарттау, метрология және сертификаттау» кафедрасының PhD 2 курс докторанты, Техникалық факультет, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті ҚЕАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, 010011, Астана қаласы., Қазақстан; e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7667-6178>.

Толкын Ержановна Сарсембаева – «Стандарттау, метрология және сертификаттау» кафедрасының аға оқытушысы PhD доктор, Техникалық факультет, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7674-313X>

Бегжан Калемшарив – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының технологы, Техникалық факультет, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

Сведения об авторах

Асия Акимкуловна Мирзакулова* – 2 курс докторант PhD кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация», технический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет им. Сакена Сейфуллина, Казахстан; e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7667-6178>.

Толкын Ержановна Сарсембаева – Старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» доктор PhD технический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет им.Сакена Сейфуллина, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7674-313X>.

Бегжан Калемшарив – технолог кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», технический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет им.Сакена Сейфуллина, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

Information about the authors

Assiya Akimkulovna Mirzakulova* – 2nd year PhD student of the Department «Standardization, Metrology and Certification», Faculty of Technology, Kazakh Agrotechnical Research University named after Sakena Seifullina, Kazakhstan; e-mail: asiya.mirzakulova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7667-6178>.

Tolkyn Erzhanovna Sarsembayeva – doctor PhD, senior lecturer of Department of Standardization, Metrology and Certification, Faculty of Technology, Kazakh Agrotechnical Research University named after Sakena Seifullina, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7674-313X>.

Begzhan Kalemshariv – technologist of the Department of «Technologies of food and Processing industries», Faculty of Technology, Kazakh Agrotechnical Research University named after Sakena Seifullina, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-9718>.

Редакцияға енуі 08.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 07.12.2024

Жариялауға қабылданды 10.01.2025

А.М. Муратбаев^{1*}, А.К. Какимов¹, А.А. Майоров², Г.А. Жумадилова¹, Б.А. Идырышев¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки көш., 20А
²Федералдық Алтай агробιοтехнологиялық ғылыми орталығы,
656910, Ресей Федерациясы, Барнаул қ., Советской Армии көш., 66
*e-mail: great_mister@mail.ru

СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕРДІ ӨЗІРЛЕУДЕ QFD ТАЛДАУДЫ ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа: Жаңа өнімді әзірлеу өндірістік кәсіпорындардың табысты жұмыс істеуі мен дамуының негізгі аспектісі болып табылады. Қатаң бәсекелестік пен серпінді нарық жағдайында техникалық регламенттерге немесе стандарттарға сәйкес келетін өнімдерді жасау жеткіліксіз. Инновациялық тауарларды енгізу кезінде тұтынушылардың нақты қажеттіліктерін түсінбеу өндіруші үшін жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Сондықтан жаңа өнімдерді жобалау кезінде қазіргі ғылыми әдістерге көбірек көңіл бөлінеді. Тұтынушылардың мінез-құлқын терең зерттеу, сараптамалық бағалау әдістерін жаңарту және сапаны басқару әдістерін жетілдіру осы жолдағы қажетті қадамдарға айналуда. Бұл мақалада QFD әдіснамасының көмегімен сүтқышқылды өнімдердің сапасын арттыру мүмкіндігі қарастырылады. QFD негізі тұтынушылардың сапа деңгейіне қойылатын талаптарды өнімнің сипаттамаларымен, сондай-ақ компоненттердің инженерлік параметрлерімен байланыстыруға мүмкіндік беретін «сапа үйлері» деп аталатын матрицалар сериясын пайдалану болып табылады. Бұл өз кезегінде өндірістік операцияларды өнімге қойылатын талаптармен біріктіруге көмектеседі. QFD әдістемесі тауарларды жобалау және жетілдіру процесінде тұтынушылардың үміттерін тереңірек түсінуге ықпал етеді. «Сапа үйін» құру барлық қатынастардың көрнекі көрінісін қамтамасыз етеді, бұл сайып келгенде тұтынушылардың мүдделеріне назар аударуға және кәсіпорынның оларды жүзеге асыру мүмкіндіктерін ескеруге мүмкіндік береді. Осылайша, QFD әдіснамасын енгізу тұтынушылардың бәсекеге қабілеттілігі мен қанағаттануын арттыруға бағытталған стратегиялық қадам болып табылады.

QFD әдістемесін пайдаланып «Сапа үйі» салынды. Сапа үйіне сәйкес майдың массалық үлесі дайын өнімнің сапасына ең көп әсер етеді. Өндіруші өз өнімінің сапасын жақсарту, демек оның бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін шикізатты жеткізушілерге және орау материалының түріне ерекше назар аударуы қажеттігі көрсетілді.

Түйін сөздер: сүтқышқылды өнімдер, тамақ өндірісі, сапа, QFD, сапа үйі.

Кіріспе

Жаңа өнімдерді игеру заманауи кәсіпорынның табысты болуының негізгі факторларының бірі болып табылады. Дегенмен, тұрақты бәсекелестік артықшылыққа қол жеткізу үшін жаңа өнімдерді жасау ғана емес, тұтынушылардың нақты қажеттіліктерін қанағаттандыратын өнімдерді жасау қажет. Бұған қол жеткізу үшін компаниялар заманауи ғылыми әдістерді көбірек қолдануда [1-2]. Тұтынушының мінез-құлқын терең зерттеу, сарапшылық бағалау және сапаны бақылау техникалық стандарттарға сай ғана емес, сонымен қатар тұтынушылардың күтуінен асып түсетін өнімдерді жасауға мүмкіндік береді. Көптеген зерттеушілер тұтынушылардың қажеттіліктерін өнімнің нақты сипаттамаларына аударудың ең тиімді жолы сапа функцияларын құрылымдау әдісі деп санайды. Бұл әдіс басқа құралдармен біріктіріліп, тұтынушылардың сұранысын қанағаттандырып қана қоймай, компанияның өсуіне ықпал ететін өнімдерді жасауға мүмкіндік береді [3-4].

Сапа функциясын жобалау (QFD-ағылш. Quality Function Deployment) – Жапонияда әзірленген, компанияларға тұтынушылардың қажеттіліктерін жүйелі түрде талдауға және оларды нақты өнім талаптарына аударуға мүмкіндік беретін кешенді әдіс [5-6]. QFD әдісі:

- Тұтынушылар үшін қандай сапа көрсеткіштері маңызды екенін анықтауды.
- «Сапа үйі» деп аталатын арнайы матрицаны пайдаланып, тұтынушылардың қажеттіліктері мен өнім сипаттамалары арасындағы байланысты елестету.
- Жобадағы кемшіліктерді анықтау және оларды жою шараларын әзірлеу.
- Тұтынушылардың қажеттіліктерін де, экономикалық ойларды да ескере отырып, өнімнің әртүрлі модификацияларының басымдылығы туралы негізделген шешімдер қабылдауға көмектеседі [7].

Зерттеу әдістері

Бұл мақалада негізгі зерттеу әдісі QFD талдау қолданылады. QFD технологиясы 4 кезеңнен тұрады [8-11]:

1) Өнімді жоспарлау. QFD бастапқы кезеңінде тұтынушылардың қажеттіліктеріне егжей-тегжейлі талдау жүргізіледі. Тұтынушылардың өнімнен нақты не алғысы келетіні туралы ақпарат жиналады. Содан кейін бұл ақпарат құрылымдалады және «сапа үйі» ретінде бейнеленеді. «Сапа үйі» тұтынушы тілектері мен өнім сипаттамалары арасындағы байланысты орнатуға көмектеседі. Бұл инженерлер мен дизайнерлерге тұтынушылар үшін ең маңызды өнім мүмкіндіктерін дәл түсінуге мүмкіндік береді.

2) Өнімді жобалау. Жобалау кезеңінде алдыңғы кезеңде пайда болған идеялар нақты пішінге ие болады. Инженерлік топтар болашақ өнімнің барлық аспектілерін сипаттайтын техникалық құжаттаманы әзірлейді: сыртқы түрінен ішкі құрылымына дейін. Екінші «сапа үйі» өнімнің жалпы сипаттамаларын оның құрамдас бөліктерінің нақты техникалық параметрлерімен байланыстыру үшін қолданылады. Бұл жобаның барлық элементтері бойынша сәйкестікті қамтамасыз етуге көмектеседі. Бұл спецификациялар QFD келесі кезеңіне, процесті жоспарлауға беріледі.

3) Процесті жобалау. Үшінші «сапа үйі» өндірісті жоспарлауда шешуші рөл атқарады. Ол өнімнің техникалық сипаттамаларын өндіріс процесінің параметрлерімен байланыстыруға мүмкіндік береді, ресурстарды оңтайлы пайдалануды және өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз етеді. «Сапа үйінің» арқасында ықтимал проблемаларды анықтауға және олардың алдын алу шараларын әзірлеуге болады.

4) Өндірістік жобалау. QFD қорытынды кезеңінде тиімді өндіріс процесін ұйымдастыру үшін барлық қажетті құжаттар әзірленеді. Жұмысшыларға арналған егжей-тегжейлі нұсқаулар, жабдықты жөндеу жоспарлары және сапаны бақылау жүйесі жасалған. Потенциалды проблемаларды анықтау және олардың алдын алу шараларын әзірлеу үшін өндірістік процестер талданады. Бұл жоғары сапалы өнімнің тұрақты өндірісін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен пікірталас

Тұтастай алғанда, QFD әдістемесі өнімді жобалау, әзірлеу және жетілдіру кезінде тұтынушылардың күтулерін жақсырақ түсіну үшін қолданылады. Зерттеу барысында айранның бес сынамасының сапасы бағаланды. Зерттелетін ең нашар үлгілердің сапасын жақсарту үшін біз QFD әдістемесін қолданамыз және «Сапа үйін» саламыз. Төменде сүтқышқылды өнімі үшін «Сапа үйін» салу үлгісі берілген. «Сапа үйі» келесі ретпен салынады:

а) Тұтынушылардың күтулерін анықтау. Алдымен тұтынушылардың талаптарын анықтайық. Ол үшін біз сауалнама жүргіземіз және алынған деректерді талдаймыз, біз оны «Тұтынушылардың күтулері» бөліміндегі «Сапа үйіне» енгіземіз. Тұтынушылардың күтулеріне негізделген сапа көрсеткіштерінің тізілімін құрастырғаннан кейін олардың маңыздылығының мәнін анықтау қажет. Мұны істеу үшін біз бес балдық шкаланы қолданамыз, мұнда 5 мәні «Өте маңызды», 4 – «Маңызды», 3 – «Маңызды емес, бірақ мен алғым келеді», 2 – «Өте маңызды емес» рейтингіне сәйкес келеді.» және 1 – «Мүлдем маңызды емес». Нәтижелер «Сапа үйіне» «Тұтынушы үшін маңыздылығы» бағанына енгізіледі.

б) Тұтынушылардың бәсекеге қабілетті рейтингін анықтау. Өрі қарай үлгілерді салыстыру керек. Бағалауда бес балдық шкала қолданылады. Біздің жағдайда талданған үлгілердің ең нашарсын және базалық үлгіні салыстырамыз. Нәтижелерді «Тұтынушыны бағалау» бөліміндегі «Сапа үйіне» енгіземіз (сурет 1).

в) Сапаны жақсарту жобасының мақсаттарын белгілеу. Жасалған тұтынушы рейтингіне сүйене отырып, әрбір тұтынушы күтетін мақсатты мөндерді орнату қажет.

Ол үшін тағы да бес балдық шкала қолданамыз. Жақсартуды қажет етпейтін сипаттамалар үшін (бағасы, орау көлемі және тағамдық құндылығы) біз мақсатты мөндерді бірдей деңгейде белгілейміз. Біз деректерді «Мақсатты құндылықтар» бағанындағы «Сапа үйіне» енгіземіз (сурет 2).

г) Техникалық талаптарды анықтау. Сапаны жақсарту жобасының мақсаттарын белгілегеннен кейін бұл мақсаттарға қалай қол жеткізуге болатынын анықтау қажет. Бұл кезеңде өнімнің сапасына әсер ететін маңызды техникалық сипаттамаларының тізімін белгілейміз. Біз сипаттамаларды «Техникалық талаптар» бөліміндегі «Сапа үйіне» енгіземіз.

Тұтынушының үлгісі	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушының бағасы				
						Тұтынушының бағасы				
						1	2	3	4	5
Дәмді	5									
Сақталу уақыты	4									
Бағасы	5									
Сауыт көлемі	3									
Тағамдық құндылық	4									

Сурет 1 – Тұтынушы рейтингін анықтау

Тұтынушының үлгісі	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушыға маңыздылығы	Тұтынушының бағасы					Нысанлық мақсат	Желідегі дәрежесі	Абсолют жиілік	Салыстырмалы жиілік, %
							Тұтынушының бағасы								
							1	2	3	4	5				
Дәмді	5										5	1,25	6,25	24,4	
Сақталу уақыты	4										5	1	4	15,6	
Бағасы	5										5	1,25	6,25	24,4	
Сауыт көлемі	3										5	1,7	5,1	19,9	
Тағамдық құндылық	4										5	1	4	15,7	
Σ											Σ	25,6	100		

Сурет 2 – Жақсарту мақсаттарын қою

Әрі қарай, «Сапа үйінің» орталық бөлігін толтыра отырып, техникалық сипаттамалар мен тұтынушылардың күтулері арасындағы байланысты анықтау қажет (сурет 3). Егер техникалық сипаттамалардың ешқайсысы тұтынушылардың үмітін қанағаттандыра алмаса, онда қосылым матрицасында бос жол құрылады. «Сапа үйіндегі» қарым-қатынасты көрсету үшін символдық белгілер қолданылады.

Әрі қарай, «Басымдылық» жолын толтырыңыз. Осы деректерді пайдалана отырып, біз бұйымдарды жобалау кезінде ерекше назар аудару қажет техникалық сипаттамаларды анықтаймыз. Сапа үйінің деректерінен біз «майдың массалық үлесі» техникалық сипаттамасы ең жоғары басымдыққа ие екенін көреміз – 36,6%. Сондықтан шикізатқа және сенімді жеткізушілерді таңдауға ерекше назар аударған жөн.

Қалай жасауға? Не жасауға?	Тұтынушыға маңыздылығы	Техникалық сипаттама					Аңыз					Нысанлық мақсат	Желідегі дәрежесі	Абсолют жиілік	Салыстырмалы жиілік, %	
		Майдың салмақтық үлесі	Ақуыздар	Қышқылдық	Шикізатты алу аймағы	Қаптама түрі	Өлсіз байланыс	Орташа байланыс	Қатты байланыс	Зерттелетін үлгі	Базалық үлгі					
																1
Дәмді	5	219,6	219,6	74,25								5	1,25	6,25	24,4	
Сақталу уақыты	4	15,9		140,4		140,4						5	1	4	15,6	
Бағасы	5	219,6			220	73,2						5	1,25	6,25	24,4	
Сауыт көлемі	3					19,9						5	1,7	5,1	19,9	
Тағамдық құндылық	4	141,3	141,3									5	1	4	15,7	
Σ											Σ	25,6	100			
Жалпы бағалау		596,4	380,9	214,65	220	233,8	1825,0									
Басымдық		36,6	22,3	13,2	13,5	14,4	100									

Сурет 3 – Байланыс матрицасын толтыру

д) Әрі қарай, біз техникалық сипаттамалар арасындағы байланысты анықтаймыз және «Сапа үйінің» шатырын толтырамыз. Тұтынушылардың күтулері мен техникалық сипаттамалар арасындағы қатынасты көрсету кезіндегідей белгілерді қолданамыз. QFD әдістемесін қолдана отырып, майдың массалық үлесі мен шикізатты жеткізу аймағы, сондай-ақ ақуыз мөлшері арасындағы байланыс анықталды; Қышқылдық деңгейі орау материалының түріне байланысты.

е) Әрі қарай техникалық талдау жасаймыз. Сынақтар кезінде алынған ашытылған сүт сусынының талданған үлгілерінің техникалық сипаттамаларының мәндерін салыстырамыз.

10. Liang G-S. Applying fuzzy quality function deployment to identify service management requirements for an ocean freight forwarder / G-S. Liang, T-Y. Chou, S-F. Kan // Total Quality Management & Business Excellence. – 2006. – № 17(5). – P. 539-554.
11. Пономарев С.В. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учеб. пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 248 с.

References

1. Aleshkov A.V. O perspektivakh QFD-analiza pri razrabotke innovatsionnoi produktsii / A.V. Aleshkov, M.A. Aleshkova // Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ehkonomicheskoi akademii (Baikal'skii gosudarstvennyi universitet ehkonomiki i prava). – 2015. – Т. 6, № 1. (In Russian).
2. Altuntas S. An innovative and integrated approach based on SERVQUAL, QFD and FMEA for service quality improvement: A case study. / S. Altuntas, S. Kansu // Kybernetes. – 2020. – № 49(10). – R. 2419-2453. <https://doi.org/10.1108/K-04-2019-0269>. (In English).
3. Nannyn sapasyn QFD adisi arkyly zhogarlatu / A.M. Muratbaev t.b. // Vestnik GU imeni Shakarima goroda Semei. – 2015. – № 4(72). – B. 46-49. (In Kazakh).
4. Mardiyana E. Application of Quality Function Deployment Method for Tourism's City Branding Analysis. / E. Mardiyana, S. Zakiah, D. Gusnadi // International Journal of Economics Development Research (IJEDR). – 2024. – № 5(6). – R. 5064-5076. <https://doi.org/10.37385/ijedr.v5i6.6880>. (In English).
5. Natee S. Quality function deployment for buildable and sustainable construction / S. Natee, S.P. Low, E.A.L. Teo // Springer. – 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17124-2>. (In English).
6. Deepu T. An integrated ANP – QFD approach for prioritization of customer and design requirements for digitalization in an electronic supply chain / T. Deepu, V. Ravi // Benchmarking: An International Journal. – 2020. – № 28(4). – R. 1213-1246. (In English).
7. Francis F. Engineering Approach with Quality Function Deployment for an ABET Accredited Program: A Case Study / F. Francis // American Journal of Mechanical Engineering. – 2016. – № 4(2). – R. 65-70. <https://doi.org/10.12691/ajme-4-2-4>. (In English).
8. Rebezov M.B. Povyshenie kachestva kefira s pomoshch'yu QFD-metodologii / M.B. Rebezov // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal, Ekaterinburg, 2015. – № 6(37). – С. 65-68. (In Russian).
9. Priimak E.V. Primenenie metoda QFD dlya uluchsheniya kachestva produktsii khlebobulochnoi promyshlennosti / E.V. Priimak, A.M. Mukhametshina, T.N. Shigabiev // Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. EH Baumana. – 2011. – Т. 208. – S. 99-104. (In Russian).
10. Liang G-S. Applying fuzzy quality function deployment to identify service management requirements for an ocean freight forwarder / G-S. Liang, T-Y. Chou, S-F. Kan // Total Quality Management & Business Excellence. – 2006. – № 17(5). – R. 539-554. (In English).
11. Ponomarev S.V. Upravlenie kachestvom produktsii. Instrumenty i metody menedzhmenta kachestva: ucheb. posobie / S.V. Ponomarev, S.V. Mishchenko, B.YA. Belobragin. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 248 с. (In Russian).

Қаржыландыру туралы ақпарат

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP22686708, Капсулаланған биологиялық белсенді қоспалары бар сүт өнімдерінің тағамдық қауіпсіздігін бағалау және технологиясын әзірлеудің ғылыми-практикалық негіздері).

А.М. Муратбаев^{1*}, А.К. Какимов¹, А.А. Майоров², Г.А. Жумадилова¹, Б.А. Идырышев¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20А

²Федеральный Алтайский научный центр агроботехнологий,
656910, Российская Федерация, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66

*e-mail: great_mister@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА QFD ПРИ РАЗРАБОТКЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Разработка новой продукции является ключевым аспектом успешного функционирования и развития производственных предприятий. В условиях жесткой конкуренции и динамичного рынка

недостаточно просто создавать продукты, соответствующие техническим регламентам или стандартам. Непонимание реальных потребностей потребителей при введении инновационных товаров может привести к нежелательным последствиям для производителя. Поэтому при проектировании новых продуктов все большее внимание уделяется современным научным методам. Углубленное изучение поведения потребителей, обновление способов экспертной оценки и совершенствование методов управления качеством становятся необходимыми шагами на этом пути. В данной статье рассматривается возможность повышения качества кефира с помощью QFD-методологии. Основой QFD является использование серий матриц, известных как «Дома качества», которые позволяют связывать требования потребителей к уровню качества с характеристиками продукта, а также с инженерными параметрами компонентов. Это, в свою очередь, помогает интегрировать производственные операции с требованиями, предъявляемыми к продукции. QFD-методология способствует более глубокому пониманию ожиданий потребителей в процессе проектирования и совершенствования товаров. Построение «Дома качества» обеспечивает наглядное представление всех взаимосвязей, что в конечном итоге позволяет сосредоточить внимание на интересах потребителей и учитывать возможности предприятия для их реализации. Таким образом, внедрение QFD-методологии представляет собой стратегический шаг к повышению конкурентоспособности и удовлетворенности клиентов.

«Дом качества» построен с использованием методологии QFD. Массовая доля жира по качеству оказывает большое влияние на качество готового продукта. Было показано, что производитель должен уделять особое внимание поставщикам сырья и типу упаковочного материала, чтобы улучшить качество своей продукции и, таким образом, повысить ее конкурентоспособность.

Ключевые слова: кисломолочная продукция, пищевое производство, качество, QFD, дом качества.

A. Muratbayev^{1*}, A. Kakimov¹, A. Mayorov², G. Zhumadilova¹, B. Idyryshev¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka st., 20A

²Federal State Budget Scientific Institution Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies, 656910, Russian Federation, Barnaul, Sovetskoy Armii st., 66

*e-mail: great_mister@mail.ru

USING QFD ANALYSIS IN THE DEVELOPMENT OF FERMENTED MILK PRODUCTS

The development of new products is a key aspect of the successful operation and development of manufacturing enterprises. In a highly competitive and dynamic market, it is not enough to simply create products that comply with technical regulations or standards. Misunderstanding of the real needs of consumers when introducing innovative products can lead to undesirable consequences for the manufacturer. Therefore, when designing new products, more and more attention is paid to modern scientific methods. In-depth study of consumer behavior, updating expert assessment methods and improving quality management methods are becoming necessary steps along this path. This article discusses the possibility of improving the quality of kefir using the QFD methodology. The basis of QFD is the use of a series of matrices known as «Quality Houses», which allow consumers to link their quality requirements with product characteristics, as well as with the engineering parameters of components. This, in turn, helps to integrate production operations with product requirements. The QFD methodology contributes to a deeper understanding of consumer expectations in the process of designing and improving products. Building a «Quality House» provides a visual representation of all the relationships, which ultimately allows you to focus on the interests of consumers and take into account the capabilities of the enterprise for their implementation. Thus, the implementation of the QFD methodology represents a strategic step towards improving competitiveness and customer satisfaction.

The «House of quality» was built using the qfd methodology. The mass fraction of fat in terms of quality has a great influence on the quality of the finished product. It has been shown that the manufacturer must pay special attention to suppliers of raw materials and the type of packaging material in order to improve the quality of its products and thus increase its competitiveness.

Key words: fermented milk products, food production, quality, QFD, quality house.

Авторлар туралы мәліметтер

Алибек Манарбекович Муратбаев* – PhD, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: great_mister@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0830-5007>.

Айтбек Калиевич Какимов – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Александр Альбертович Майоров – техника ғылымдарының докторы, Федералдық Алтай агробιοтехнологиялық ғылыми орталығы ФМБФМ профессоры; Ресей Федерациясы; e-mail: maiorov.alex@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Гульмира Амангазыевна Жумадилова – PhD, «Машинажасау және логистика» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zhumadilovaga@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0722-8860>.

Берік Арыстанбекұлы Идырышев – «Тамақ өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, PhD; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: b_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

Сведения об авторах

Алибек Манарбекович Муратбаев* – PhD, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: great_mister@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0830-5007>.

Айтбек Калиевич Какимов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Александр Альбертович Майоров – доктор технических наук, профессор ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, Россия; e-mail: maiorov.alex@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Гульмира Амангазыевна Жумадилова – PhD, старший преподаватель кафедры «Машиностроение и логистика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhumadilovaga@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0722-8860>.

Берік Арыстанбекұлы Идырышев – старший преподаватель, PhD кафедры «Технология пищевых производств»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: b_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

Information about the authors

Alibek Muratbayev * – PhD, Senior Lecturer of the department «Technological equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: great_mister@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0830-5007>.

Aitbek Kakimov – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Alexander Mayorov – doctor of technical sciences, professor Federal State Budget Scientific Institution Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies; Russian Federation; e-mail: maiorov.alex@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-2907>.

Gulmira Zhumadilova – PhD, Senior Lecturer of the department «Mechanical Engineering and Logistics»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhumadilovaga@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0722-8860>.

Berik Idyryshev – PhD, Senior Lecturer of the department «Food Production Technology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ab_1991@mail.ru. ORCID: <https://doi.org/0000-0002-0495-2530>.

*Редакцияға енуі 28.10.2024
Өңдеуден кейін түсуі 24.01.2025
Жариялауға қабылданды 25.01.2025*

**M.K. Kassymova¹, A.K. Mamyrbekova², G.E. Orymbetova^{3*}, Z.I. Kobzhasarova¹,
B.T. Yeshimbetova¹**

¹M. Auezov South Kazakhstan University,

¹160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 5 Tauke-Khan Avenue;

²Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
161200, Republic of Kazakhstan, Turkestan, 29 Bekzat Sattarkhanov Avenue

³South Kazakhstan Medical Academy,

160001, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 1/1 Al-Farabi square

*e-mail: orim_77@mail.ru

PLANT BASE FOR THE BEVERAGE

Abstract: *The use of local plant raw materials, which have great value due to specific combinations of biologically and physiologically active components, has a wide perspective in the production of food products with high consumer properties. The structure of human nutrition includes vitamins, macro- and microelements, fibers, pectins, etc. fruits, which are the main source, should prevail. Fruit – berry beverages are characterized by a high amount of various micronutrients. Therefore, the production of fruit – berry beverage has not lost its relevance. In addition, the combination of microflora and bioactive substances of plant origin significantly expands the range of products. Apples, oranges, and ginger were selected for processing the beverage production technology. The composition of raw materials is rich in vitamin C, B₉, B₁, B₆, A, and minerals such as calcium, potassium, iron, magnesium, zinc, phosphorus and copper. The ratio of selected raw materials is 50:35:15 for apple, orange, and ginger, respectively. According to organoleptic indicators, the beverage is transparent, without sediments and foreign additives. When a beverage is poured into a glass, foam is created by the release of carbon dioxide bubbles. Physico-chemical parameters of the obtained beverage are as follows: dry matter content – 15,28%; titratable acidity -3,1 ± 0,5°T; carbohydrate content – 12%; fat content – 0,11%; amount of alcohol – 3,12%; ash content, 2%; calcium – 21,74%; phosphorus – 22,96; iron – 7,33; zinc – 7,7; copper – 4,19; magnesium – 11,78; sodium – 24,3. The shelf life of the beverage was 60 days. Pathogenic flora, including salmonella and yeast and mold microorganisms, were not detected.*

Key words: beverage, local plant, micronutrients, plant base, fruit-berry

Introduction

In modern times, the demand for beverages is increasing and there is a trend of growth in the production process. Analyzing the results of the study of the structure of the population's diet and the consumption of soft beverages and juices shows a significant increase in demand for them. And the contribution of beverages to the total energy value of the diet currently exceeds 7%.

The importance of beverages in the process of human nutrition cannot be denied. It depends primarily on its chemical composition, nutritional and biological value. All teenagers and young adults use soft beverages. The beverage consists of carbohydrates, organic acids, minerals and other components necessary for the body. The human body needs to consume 0,5 to 1,5 liters of liquid per day in order to maintain a proper normal rate and water balance.

Nutrient components, including biologically and physiologically active components in drinks, react with each other. The formed compounds have great benefits for the human body and have the ability to prevent diseases. The use of these natural products makes it possible to eliminate the effects of man-made factors along with improving the human diet [1].

In this regard, in order to meet the demands of the consumer, the urgency of creating a beverage technology enriched with biologically active substances with an optimized composition is increasing.

The purpose of the work is to study beverage technology based on local plant raw materials enriched with biologically active substance.

Kazakhstan ranks among many countries in the world in the production and consumption of beverages. The production of non-alcoholic beverages is developing in Kazakhstan, and according to the results of its analysis, it can be seen that the demand from the consumer has increased. The share of soft drinks in the total energy value of the diet of the population of Kazakhstan currently exceeds 7%. In the last ten years, has been developing the production of non-alcoholic beverages in Kazakhstan (in 2018, it amounted to more than 415 million deciliters); an important sector is cheap beverages based on sweeteners.

Some of the unused portion of the country's recycling industry is physically obsolete and does not meet current consumer demand [2, 3].

575 enterprises engaged in the production of beverages in Kazakhstan constitute 2,7% of all processing enterprises [4].

377 production organizations produce mineral water and other soft beverages. They are represented in figure 1:

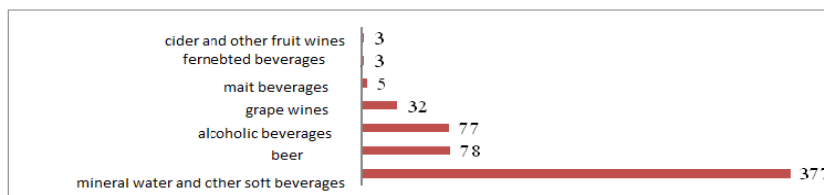


Figure 1 – Indicators of beverage production facilities in Kazakhstan [5]

As can be seen from Figure 1, mineral water and soft beverages account for 65,6% of the market and are 1,9 times larger than alcoholic beverages.

Table of indicators of mineral water and soft beverage production industries in the regions of the Republic of Kazakhstan is shown in figure 2 [5].

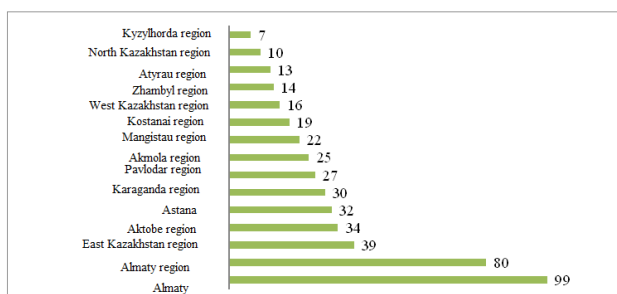


Figure 2 – Number of beverage production industries by region [5]

The first place in Kazakhstan for beverage production is the city of Almaty, where are located 99 enterprises. The next places are occupied by Almaty region and Turkestan region, the number of enterprises there is 80 and 60, respectively.

A lot of work is being done in order to strengthen the direction of beverage production in Kazakhstan. In the process of creating a beverage technology that has an effective effect on the human body, many scientists are working diligently.

In recent years, the production of non-alcoholic beverages, including probiotic products and new therapeutic-prophylactic products, has increased significantly around the world. The main function of probiotic bacteria is to protect the intestinal walls from bacteria and toxic substances entering the body from the external environment. Beverages based on plant raw materials have probiotic properties from a therapeutic and prophylactic point of view.

Ways of production by enriching the composition of products with raw materials of vegetable origin and biologically active substances are widely considered.

According to the data, the number of fermented alcoholic beverages is higher than that of fermented soft beverages.

Figure 3 presents information on the annual sales of beverages obtained as a result of the fermentation process.

According to figures 3 the range of soft beverages fermented beverages in the market is low both in terms of assortment and price. Although there is a wide range of modern fermented soft beverages, they cannot cover a large amount of production. After all, this route is not in great demand in the market of Kazakhstan and cannot supplement the daily consumption ration. The number of consumers of beverages in this direction is very small. Therefore, the production of a beverage based on local plant raw materials enriched with biologically active substances, provides the opportunity to supplement the energy needed by a person in the daily diet, to obtain products that are useful for health and have high therapeutic and preventive value.

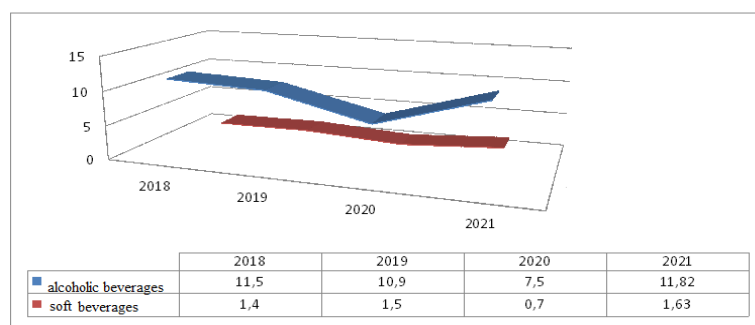


Figure 3 – Information on the annual sales of beverages obtained as a result of the fermentation process [6]

Materials and methods

Research methods. Experimental studies and processing of the results of the local herbal beverage enriched with biologically active substances were carried out in the laboratory of the «Food Engineering» department and the «Structural and Biochemical Materials» laboratory of the M.Auezov South Kazakhstan University.

The microbiological analysis of the product was studied in the Republican State Institution Department of Sanitary and Epidemiological Control of the Shymkent city.

Determining the shelf life of the offered beverage was carried out in accordance with GOST 32061 - 2013. [7]. In accordance with the requirements of the standard, it is recommended to store fermented fruit materials in ventilated, odorless, direct sunlight-free rooms at a temperature from 5°C to 20°C and a relative humidity of no more than 85% [8].

Apples, oranges and ginger were taken as a research object. During the research work were used standard methods of studying the chemical composition, physico-chemical and organoleptic properties of the product.

Results and discussion of research

The proposed method for the production of fermented soft drinks includes the following stages: preparation of raw materials, main and auxiliary materials, grinding, fermentation (temperature 22°C), pasteurization at a temperature of 71-77°C, hold (temperature 12 – 14°C, 7 day), add mineral water to crushed orange, ginger root and extraction, deposition, filtering, mix and all necessary technological operations. The following raw materials and ratios are used for the production (table 1):

Table 1 – Raw materials and their ratios

№	№ samples	Composition of raw materials	percentage ratio
1	№ 1	Apple: orange: ginger	50:25:25
2	№ 2	Apple: orange: ginger	50:30:20
3	№ 3	Apple: orange: ginger	50:35:15
4	№ 4	Apple: orange: ginger	50:40:10
5	№ 5	Apple: orange: ginger	50:45: 5

The chemical composition of the selected apples and ginger depends on their variety, the conditions under which they are grown and stored, the degree of maturity and duration of storage, agrotechnical cultivation methods, etc. related. In table 2 [9, 10] and figure 4 are shown data on the physico-chemical parameters of raw materials.

Apple is rich in natural sugars: glucose, sucrose and a large amount of fructose. But the average caloric content of apples is only 42-47 kcal per 100 grams. Apple contains organic acids and various microelements. The content of nutrients such as protein, carbohydrates and fats in ginger is significantly higher than in apples. Ginger contains many useful substances, the main ones are: B vitamins, vitamin K, PP, E and C, fiber (table 2). But the content of vitamin C in an apple is 2 times more than ginger.

From Figure 4 it is evident that the mineral composition of ginger exceeds that of apples and oranges. This proves that ginger can be used in soft beverages production technology. Orange is rich in vitamin C, B9, B1, B6, A, and minerals such as calcium, potassium, iron, magnesium, and copper and this is the advantage of orange in the chemical composition in the soft beverages production technology.

Table 2 – Physico-chemical indicators of apple and ginger [9, 10]

№	Component	Apple	Ginger
		Amount	
1	Protein, g	0,4	7,28
2	Fat, g	0,2 – 0,4	6,75
3	Carbohydrates, g	9,8 – 11,8	63,08
4	Mono and disaccharides, g	9	
5	Starch, g	0,8	
6	Pectin, g	1	
7	Organic acids, g	0,4	
8	Mineral substances, mg	351,84	
9	Dietary fiber, g		2
10	Vitamin B group, mg		0,431
11	Vitamin K (phylloquinone), mkg		0,1
12	Vitamin PP (Niacin equivalent), mg		0,95
13	Vitamin E, mg		0,26
14	Vitamin C, mg	10	5

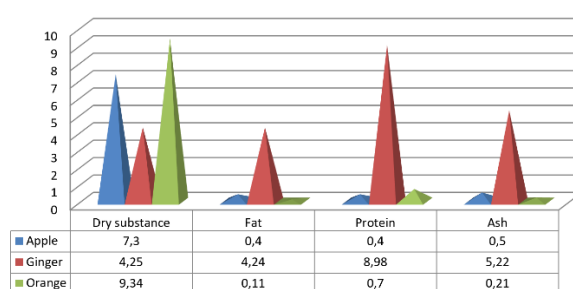


Figure 4 – Diagram of physical and chemical indicators of raw materials

Amino acids are found in apples and play an important role in the development of aroma and taste in the soft beverages production technology.

According to organoleptic indicators, based on the analysis of the perception of the sense organs: sight, smell, touch, taste, and the best combination of three fruit and plant are selected (Table 3, figure 5).

Table 3 – Organoleptic indicators of the beverage

№	№ samples	Color	Consistency	Smell	Appearance	Taste
1	№ 1	Light brown	Liquid	Ginger smell	homogeneous	Bitter
2	№ 2	Brown	Liquid	Nice	homogeneous	Sweet
3	№ 3	Light yellow	Liquid	Nice	homogeneous	Sweet
4	№ 4	Yellow	Liquid	Orange smell	homogeneous	sourish
5	№ 5	Yellow	Liquid	Orange smell	homogeneous	sour

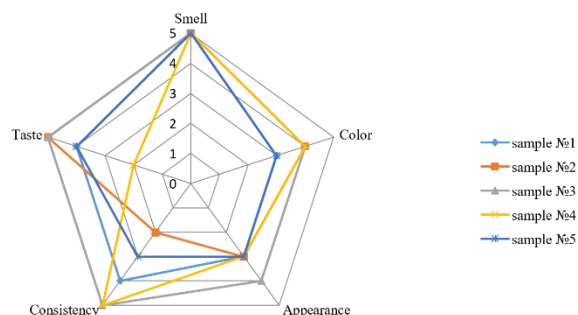


Figure 5 – Profilogram of beveragesamples

As can be seen from the profilogram, the beverage with #2 and #3 samples showed the highest results. These drinks had a transparent color, without sediment or foreign inclusions, the taste and aroma of the drinks combined the tastes and aroma of the original ingredients – they were clearly expressed and balanced. Therefore, this model is considered as a basic product.

Information on the physical and chemical parameters of the beverage is given in table 4.

Table 4 – Physical and chemical, microbiological parameters of the beverage

№	Parameters	Amount
1	Dry substance content, %	15,28
2	pH	3,1 ± 0,2
3	Titrateable acidity, °T	3,1 ± 0,5
4	Density, kg/m ³	3,10 ± 0,2
5	Carbohydrates content, %	12
6	Protein content, %	0,7
7	Fat content, %	0,11
8	CO ₂ content, %	0,58
9	Alcohol content, %	3,12
10	Ash content, %	2
11	Element, per amount of ash	
	Ca, %	21,74
	Na, %	24,3
	Mg, %	11,78
	P, %	22,96
	Fe, %	7,33
	Zn, %	7,7
	Cu, %	4,19
12	Bacteria of the Escherichia coli group	in 100,0 cm ³ (g) not detected
13	Pathogenic flora, including salmonella	in 25,0 cm ³ (g) not detected
14	Yeast and mold microorganisms	Less than 1x10 ¹ CFU/g

Note: Colony forming unit-CFU

As we can see from Table 4, the beverage is rich in calcium, sodium and phosphorus. In addition, the product contains enough magnesium, zinc and copper. The mineral composition of apple beverage consist of Ca – 8%, P – 7%, Na – 4%, Mg – 5, Fe – 0,1%. The content of these minerals is higher in the proposed product. For the assimilation of calcium, the optimal ratio of the two elements calcium and phosphorus (Ca:P) in the diet is approximately 1:1. Being a source of carbohydrates and minerals, the beverage is capable of having a general strengthening effect.

According to the standard, the norm of the indicator Bacteria of the Escherichia coli group, Pathogenic flora, including salmonella is respectively shouldn't be in 100,0 cm³ (g), in 25,0 cm³ (g) and the norm on Yeast and mold microorganisms no more than 10 CFU/g [11].

The beverage is stored in a cool temperature for the first week at a temperature between 2-4 °C, and in the subsequent periods at a room temperature below 15°C, up to 60 days in total. Information about the storage result is given in figure 6.

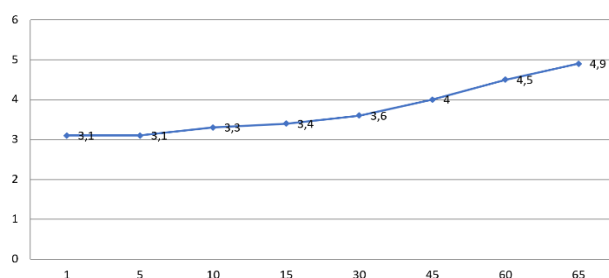


Figure 6 – Study of product acidity over time

As we can see in the diagram, after 60 days, the acidity of the beverage loses its compliance with the international standard, and it can be observed that the amount exceeds the norm.

Conclusion

As the number of people who take care of their health and lead a healthy lifestyle increases, the use of modern beverages with natural substances in their production becomes fashionable, prestigious and a promising trend. And people are looking for ways to maintain health. People are increasingly turning to plants as a safer alternative to chemically synthesized drugs.

The combination of microflora and plant substances significantly expands the range of functional products.

The use of local plant raw materials has broad prospects in the food products production with high consumer properties. Apples, oranges and ginger were selected to develop the soft beverages production technology. The proposed beverage with stable organoleptic and physico-chemical indicators is stored for 60 days.

References

1. Pastushkova E.V. Rastitel'noe syr'e kak istochnik funktsional'no-pishchevykh ingredientov/ E.V. Pastushkova, N.V. Zavorokhina, A.V. Vyatkin // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. – 2016. – № 4. – S. 105-113. (In Russian).
2. Zaripov G.T. Ispol'zovanie rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve bezalkogol'nykh napitkov / G.T. Zaripov // Nauka i obrazovanie. – 2021 – t. 2. – S. 295-302. (In Russian).
3. Merenkova S.P. Aktual'nye aspekty proizvodstva napitkov na rastitel'nom syr'e/ S.P. Merenkova, N.V. Androsova // Vestnik YUURGU. Seriya «Pishchevye i biotekhnologii». – 2018. – Tom 6, № 3. – S. 57-67. (In Russian).
4. Poleznaya model' № 1537 Respublika Kazakhstan A23L 2/02 (2006.01) Tykvennyi napitok dlya dieticheskogo pitaniya / Sataev M.I., Dzhandarbekova D., Abishev M.D., Beisenbaev Z.A.; zayavitel' i patentoobladatel' NAO «Yuzhno-Kazakhstanskii universitet im.M. AuehzovA» – № 2405386 S 2; zayavl. 16.06.2015; opubl. 29.07.2016, byul. 8-3s. (In Russian).
5. Analiz bezalkogol'nykh napitkov v Kazakhstane – 2025. Pokazateli i prognozy Istochnik: <https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-bezalkogolnykh-napitkov-v-kazakhstane>, 2024. – 94 s. (In Russian).
6. Study of storage ability of curd dessert wit addition of vegetable raw materials / G.E. Orymbetova et al // Journal Of Almaty Technological University. – 2019. – № 4. – P. 24-28. (In English).
7. GOST 32061-2013. Proizvodstvo vinodel'cheskaya. Upakovka, markirovka, transportirovanie i khranenie. – Vved. 2014 – 07 – 01. – M.: Standartinform, 2019. – 4 s. (In Russian).
8. GOST 28188-2014. Napitki bezalkogol'nye. Obshchie tekhnicheskie usloviya. Vved. 2016 – 01 – 01. – M.: Standartinform, 2019. – 11 s. (In Russian).
9. Kumar R. Role of enzymes in fruit juice processing and its quality enhancement / R. Kumar // Advances in Applied Science Research. – 2015. – № 6(6). – P. 114-124. (In English).
10. Sharma H.P. Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices / H.P. Sharma, H. Patel, S. Sugandha // A review. Crit Rev Food Sci Nutr. – 2016. – V. 57, Issue 6. – R. 1215-1227. (In English).
11. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 O bezopasnosti pishchevoi produktsii (s izmeneniyami na 14 iyulya 2021 goda). (In Russian).

**М.К. Касымова¹, А.К. Мамырбекова², Г.Э. Орымбетова^{3*}, З.И. Кобжасарова¹,
Б.Т. Ешимбетова¹**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан, Шымкент, Тауке хан даңғ., 5

²Қожа Ахмет Яссауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
161200, Қазақстан Республикасы, Түркістан қаласы, Бекзат Саттарханов даңғылы, 29;

³Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы,
160019, Қазақстан, Шымкент, Ал-Фараби ал., 1

*e-mail: orim_77@mail.ru

СУСЫН ҮШІН ӨСІМДІК ТЕКТІ НЕГІЗ

Биологиялық және физиологиялық белсенді заттардың өзгешеқосылыстары арқылы құндылығы еренотандық өсімдік текті шикізатты қолдану жоғары тұтынушылық қасиеттері бар тамақ өнімдерін өндіруде кең перспективаға ие.

Адамзаттың қоректену затыныңаса құнды құрамына енетін дәрумендер, макро- және микроэлементтер, талшықтар, пектиндер және т.б. бар жемістержәне жидектер, көкөністерүстемболуы шарт. Жеміс-жидек, көкөніссусындарықұрамында алуан түрлі микроэлементтердің мөлшері өте жоғары екендігіменерекшеленеді. Осыған орайжеміс жидек, көкөніс сусындарының өндіру әлі де өзектілігін жоғалтқан жоқ. Сонымен қатар микрофлора мен өсімдік тектес биоактивті заттардың үйлесуі өнімдердің ауқымын айтарлықтай кеңейтеді.

Сусын өндіру технологиясын өңдеуде алма, апельсин, имбирь таңдап алынды. Шикізат құрамы С витамині, В₉, В₁, В₆, А, ал минеральды заттардан кальций, калий, темір, магний, мырыш,

фосфор және мысқа бай. Таңдалынып алынған шикізаттар қатынасы алма, апельсин, зімбір үшін сәйкесінше 60:35:15.

Органолептикалық көрсеткіштері бойынша сусын мөлдір, шөгінділер мен бөгде қоспаларсыз. Сусынды бокалға құйғанда, көмірқышқыл газының көпіршіктерінің бөлінуімен көбік пайда болады.

Алынған сусынның физика химиялық көрсеткіштері келесідей: құрғақ зат мөлшері – 15,28%; титрленетін қышқылдылық – $3,1 \pm 0,5^{\circ}\text{T}$; көмірсу мөлшері – 12%; май мөлшері – 0,11%; спирттің мөлшері – 3,12%; күлділік – 2%; Са – 21,74%; Р – 22,96; Fe – 7,33; Zn – 7,7; Си – 4,19; Mg – 11,78; Na – 24,3. Сусынның сақталу мерзімі 60 күнді құрады. Патогенді флора, соның ішінде сальмонеллалар және ашытқы және зең микроорганизмдері табылмады.

Түйін сөздер: сусын, жергілікті өсімдік, микроэлементтер, өсімдік негізі, жеміс-жидек.

**М.К. Касымова¹, А.К. Мамырбекова², Г.Э. Орымбетова^{3*}, З.И. Кобжасарова¹,
Б.Т. Ешимбетова¹**

¹Южно-Казахстанский Университет им.М.Ауэзова,
160012, Казахстан, Шымкент, пр.Тауке хана, 5

²Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмета Яссави,
161200, Республика Казахстан, г. Туркестан, проспект Бекзата Саттарханова, 29;

³Южно-Казахстанская медицинская академия,
160001, Казахстан, Шымкент, пл. Аль-Фараби, 1

*e-mail: orim_77@mail.ru

РАСТИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА ДЛЯ НАПИТКА

Использование местного растительного сырья, имеющего большую ценность благодаря особым сочетаниям биологически и физиологически активных компонентов, имеет широкую перспективу в производстве пищевых продуктов с высокими потребительскими свойствами.

В состав питания человека входят витамины, макро- и микроэлементы, клетчатка, пектины и др. Фрукты, являющиеся основным источником, должны преобладать. Морсы характеризуются высоким содержанием различных микроэлементов. Поэтому производство морса не потеряло своей актуальности. Кроме того, сочетание микрофлоры и биологически активных веществ растительного происхождения значительно расширяет ассортимент продукции.

Для обработки технологии производства напитков были выбраны яблоки, апельсины и имбирь. Состав сырья богат витаминами С, В9, В1, В6, А, а также такими минералами, как кальций, калий, железо, магний, цинк, фосфор и медь. Соотношение отборного сырья составляет 60:35:15 для яблока, апельсина и имбиря соответственно.

По органолептическим показателям напиток прозрачный, без осадка и посторонних добавок. Когда напиток наливаются в стакан, образуется пена за счет выделения пузырьков углекислого газа.

Физико-химические показатели полученного напитка следующие: содержание сухого вещества – 1,34%; титруемая кислотность – $3,1 \pm 0,5^{\circ}\text{T}$; содержание углеводов – 12%; жирность – 0,11%; содержание алкоголя – 3,12%; зольность – 2%; Сф – 21,74%; Р – 22,96; Fe – 7,33; Zn – 7,7; Си – 4,19; Mg – 11,78; Na – 24,3. Срок годности напитка составил 60 дней. Патогенная флора, в том числе сальмонеллы и дрожжевые и плесневые микроорганизмы, не выявлены.

Ключевые слова: напиток, местное растение, микроэлементы, растительная основа, плодо-ягодный.

Авторлар туралы мәліметтер

Махабат Куандықовна Касымова – химия ғылымдарының кандидаты, профессор. М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-3014>.

Айжан Комекбаевна Мамырбекова – химия ғылымдарының кандидаты, доцент. Қожа Ахмет Яссауи атындағы Халықаралық Қазақ Түрік университеті, Медицина факультеті, Түркістан қ.; e-mail: aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>;

Гулбаги Эмитовна Орымбетова* – техника ғылымдарының кандидаты, доцент. Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы. Фармация факультеті. Шымкент, Қазақстан; e-mail: orim_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

Зиба Исаховна Кобжасарова – техника ғылымдарының кандидаты, доцент. М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан; e-mail: k.z.i.@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Балжан Торбековна Ешимбетова – магистр, аға оқытушы. М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Тоқыма және тамақ инженериясы жоғары мектебі. Шымкент, Қазақстан; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Сведения об авторах

Махабат Куандыковна Касымова – кандидат химических наук, профессор. Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-3014>.

Айжан Комекбаевна Мамырбекова – кандидат химических наук, доцент. Международный Казахско-Турецкий университет имени Ходжи Ахмета Яссави, медицинский факультет, г. Туркестан, e-mail: aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>.

Гулбаги Эмитовна Орымбетова* – кандидат технических наук, доцент. Южно-Казахстанская медицинская академия. Факультет фармации. Шымкент, Казахстан; e-mail: orim_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

Зиба Исаховна Кобжасарова – кандидат технических наук, доцент. Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: k.z.i.@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Балжан Торбековна Ешимбетова – магистр, старший преподаватель. Высшая школа текстильной и пищевой инженерии, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Information about authors

Makhabat Kuandykovna Kassymova – candidate of chemical science, associate professor, M. Auevov South Kazakhstan state university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: mahabbat_67@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4789-7148>.

Aizhan Komekbaevna Mamyrbekova – candidate of chemical science, associate professor. Khoja Akhmet Yassawi International KazakhTurkish University, Medicine Faculty, 87029244575, Turkistan, e-mail: aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>.

Gulbagi Emitovna Orymbetova* – candidate of technical science, associate professor, M. Auevov South Kazakhstan state university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: orim_77@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8987-3366>.

Ziba Isakhovna Kobjasarova – candidate of technical science, associate professor, M. Auevov South Kazakhstan state university, Textile and Food Engineering higher school, Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5419-7484>.

Balzhhan Torebekovna Yeshimbetova – master, senior lecturer. Textile and Food Engineering higher school. M. Auevov' South-Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: baljan2275@mail.ru.

Received 09.01.2025

Revised 09.02.2025

Accepted 10.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-35](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-35)



FTAXP: 32.61.11

А.А. Рзабек*, А.Л. Қасенов

С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы 62

*e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru

ӨСІМДІК МАЙЫН ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚ РЕЦЕПТУРАСЫНА ҚОСУДЫҢ МАҢЫЗЫ

Аңдатпа: Бұл мақалада шұжық өнімдерінің сапасы мен қоректік құндылығын жақсарту мақсатында зығыр майын қосу арқылы «Любительская» қайнатылған шұжық рецептурасын жетілдіру мәселесі қарастырылады. Зерттеу барысында зығыр майының физика-химиялық қасиеттері, оның шұжықтың құрылымына, дәміне және тағамдық құндылығына әсері талданды. Зығыр майының шұжық өндірісінде қолданылу мүмкіндігі мен негіздемесі ұсынылып, технологиялық процестердің сипаттамалары мен дайын өнімнің сапалық көрсеткіштері көрсетілді. Зығыр майын «Любительская» шұжығына тұрақтандырғыш қосу арқылы жетілдіру тиімді екені дәлелденді. Зығыр майын 15% мөлшерінде қосу өнімнің органолептикалық қасиеттерін сақтауға көмектесетіні анықталды. Сонымен қатар, оның антиоксиданттық қасиеттері сақтау мерзімін ұзартатыны дәлелденді. Жалпы, зерттеу нәтижелері зығыр майын жануар майына балама ретінде пайдалану шұжық өнімдерінің қоректік құндылығын арттырып, тұтынушылық қасиеттерін жақсарту алатынын көрсетті. Зерттеу барысында зығыр майын «Любительская» шұжығына қосқанда, май

қышқылдық құрамының өзгергенін, атап айтқанда полиқанықпаған май қышқылдарының мөлшері жоғарылағаны дәлелденді. Ет шикізатынан басқа өсімдік компоненттерін пайдалану құрамы жағынан әр түрлі аралас өнімдерді алуға мүмкіндік берді, бұл жоғары сапалы өнімдердің ассортиментін едәуір кеңейтеді. Мақалада ет-өсімдік шикізатын пайдаланатын функционалды тамақ өнімдері алу технологиясын әзірлеу мәселелері қамтылған. Зерттеудің мақсаты-өсімдік-профилактикалық және функционалды мақсаттағы құрама тамақ өнімдері ұсынылған. Өнімді өндіруге өндірістік сынақтар жүргізілді. Органолептикалық сапаны бағалау, дайын өнімнің физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштері жалпы қабылданған әдістемелер бойынша жүргізілді.

Түйін сөздер: қайнатылған шұжық, зығыр майы, тағамдық құндылығы, құрылымы, май алмастырғыштар.

Кіріспе

Соңғы жылдары ет өңдеу өнеркәсібіндегі функционалды ингредиенттерді қолдануға қызығушылық танытылды. Зығыр майы – полиқанықпаған май қышқылдарының көзі, бұл оны шұжыққа жануарлардың майын ішінара ауыстырудың перспективті құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл эксперимент зығыр майының «Любительская» шұжық сапасына әсерін зерттеуге бағытталған. Негізгі шикізат ретінде жоғары сұрыпты сиыр еті, майлы емес шошқа еті, шпик, зығыр майы алынды. Пісірілген шұжықтарын өндіруде өсімдік шикізатын пайдалану әбден негізделген, өйткені жаңа өнімді түзету кезінде олар қанықпаған май қышқылдарымен, витаминдермен, минералдармен, талшықтармен айтарлықтай байытады, бұл дайын өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттырады [1].

Өсімдік компоненттерін шұжық өнімдеріне енгізудің негізгі мақсаты – ет құрамындағы жетіспейтін заттарды толтыру, оларды витаминдермен, тағамдық талшықтармен, микроэлементтермен байыту, бұл адам ағзасына қажет. Ет пен өсімдік шикізатын біріктіру дайын өнім ассортиментін кеңейтуге және оны қосымша заттармен байытуға көмектеседі. Мұндай өнімдерді тұтыну иммунитетті арттыруға және қоршаған ортаның теріс әсерлерінен адам денсаулығын қорғауға көмектесуі тиіс [2].

Өсімдік майлары мен ақуыздар адамның тамақтануында маңызды орын алады.

Бұл өнімдердің функционалды қасиеттері, олардың тағамдық және биологиялық құндылығы экономикалық тиімділікпен бірге шұжық өндірісінде осы өнімдерді қолданудың негізгі артықшылықтары болып табылады [3].

Өндірушілер арасындағы бәсекелестіктің күшеюі шұжық өндірісінде осы ингредиенттерді пайдалану бағытын дамытуға ықпал ететін өнім өндірісінің жаңа бағыттарын іздеуді талап етті.

Өсімдік майларының жоғары биологиялық қасиеттері олардың құрамында маңызды полиқанықпаған қышқылдардың, антиоксиданттық және витаминдік қасиеттері бар биологиялық белсенді компоненттердің (токоферолдар, стеролдар, каротиноидтар) болуына байланысты оларды ет өнімдеріндегі жануарлар майларын ішінара ауыстыру үшін пайдалануға мүмкіндік береді [4].

Өсімдік майларында кездесетін полиқанықпаған май қышқылдары (линол, линолен, арахидон) организмде синтезделмейді, алайда олар метаболикалық процестерге, простагландиндер синтезіне белсенді қатысады және әсіресе балалар денесінің дамуында қажет. Олар антисклеротикалық әсерге ие. Сондықтан тамақ өнімдерін өсімдік майларымен, соның ішінде шұжық өнімдерімен байыту ұсынылады.

Шұжық тартылған ет дайындау кезінде өсімдік майларын енгізудің қиындығы суды да, майды да ұстап тұру қабілеті жоғары масса алу үшін оны ақуызбен және сумен жоғары гомогенизациялау қажеттілігі болып табылады.

Ет өнімдеріне өсімдік майын енгізу оның құрамындағы майдың мөлшеріне байланысты ет құрамындағы холестеринді 15-40% төмендетуге, сондай-ақ қаныққан майдың мөлшерін азайтуға және қанықпаған май қышқылдарының мөлшерін арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, тартылған етке 30% өсімдік майын қосқанда, оның құрамындағы қанықпаған май қышқылдарының мөлшері 40%-қа артуы мүмкін.

Өсімдік майы мен шошқа майының құнын салыстыра отырып, өсімдік майын енгізу кезінде өнімнің өзіндік құнының жоғарылауы байқалмайтындығы, тіпті кейбір төмендеу тенденциясы байқалатындығы көрсетілген. Алайда, негізгі әсер өнімнің биологиялық және тағамдық құндылығын арттыру болып қала береді. Адам ағзасына майлар, ақуыздар,

маңызды аминқышқылдары, минералдар дәрумендерінің негізгі көздерінің бірі ет және ет өнімдері. Сонымен қатар, ет құрамындағы май мөлшері өте жоғары: шошқа етінде – шамамен 30%, жылқы, сиыр еті – 13%, сонымен қатар шпикті бөлек бөлген жөн майдың мөлшері шамамен 91%. Май қышқылының құрамы келесідей бөлінеді: шошқа етінің 100 грамында – 10-17 г қаныққан май қышқылдары (шпикте 33 г), 13-22 г моноқанықпаған май қышқылдары (шпикте 42 г) және 3-5 г полиқанықпаған май қышқылдары (шпикте 11 г), сиыр етінде – 4-7 г қаныққан май қышқылдары, 4-7 г моноқанықпаған май қышқылдары және 0,4-0,7 г полиқанықпаған май қышқылдары. Етті қайта өңдеу өнімдерінде майдың мөлшері пісірілген шұжық өнімдерінде 15-тен 38%-ға дейін, ал шикі ысталған өнімдерде шұжықтардың май мөлшері 70% жетуі мүмкін [5-6].

Жануарлар майының құрамын төмендету шұжықтардың дәмі, хош иісі және консистенциясының нашарлауына әкеледі. Осыған байланысты тұтынушылық құрамды, ет өнімдерінің қасиеттерін айтарлықтай өзгертпейтін май компонентіне ауыстыру қажет. Мұндай компоненттердің ішінде өсімдік және жануарлар ақуыздарын, талшықтарды пайдалану зерттеушілердің қызығушылығын тудыруда [7].

Зерттеу объектілері мен әдістері

Зерттеу объектілері ретінде жоғары сұрыпты сиыр еті, майлы шошқа еті, шпик, зығыр майы (МЕМСТ 23 670 «Пісірілген шұжық өнімдері. Техникалық шарттар», МЕМСТ 5791-81 «Техникалық зығыр майы. Техникалық шарттар») алынды [8].

Зерттеу стандарттары МЕМСТ 54607.2-2012 «Қоғамдық тамақтандыру қызметтері. Қоғамдық тамақтандыру өнімдерін зертханалық бақылау әдістері. Физика-химиялық сынау әдістері», МЕМСТ 31986-2012 «Қоғамдық тамақтандыру қызметтері. Қоғамдық тамақтандыру өнімдерінің сапасын органолептикалық бағалау әдісі», МЕМСТ ISO 7218-2015 «Азық-түлік және мал азығы микробиологиясы. Микробиологиялық зерттеулерге қойылатын жалпы талаптар мен ұсыныстар».

Зерттеу әдістері ретінде қолданылатын ингредиенттерді физика-химиялық талдау, тартылған еттің құрылымдық және органолептикалық сипаттамаларын тестілеу, үлгілердің тағамдық құндылығын анықтау, дайын өнімнің микробиологиялық қауіпсіздігін бағалау әдістері алынды [9-10].

Ғылыми нәтижелер және оларды талқылау

10-20% зығыр майын қосу шұжықтың органолептикалық сипаттамаларын сақтауға көмектеседі.

25% және одан жоғары май алмастыру өнімнің құрылымдық-механикалық қасиеттерін төмендетеді.

Микробиологиялық талдау барлық үлгілердің санитарлық нормаларға сәйкес келетінін көрсетті.

Зығыр майы қосылған шұжықтың май құрамындағы қаныққан май қышқылдар құрамы төмендейді, полиқанықпаған май қышқылдары жоғарылайды, ал ақуыз деңгейі біршама жоғарылайды.

Зығыр майының антиоксиданттық қасиеттері өнімнің сақтау мерзімін ұзартады.

Органолептикалық талдаулар көрсеткендей, 15-20% зығыр майы қосылған үлгілер ең жоғары бағалауға ие болды, өйткені олар дәмі мен құрылымын жақсы сақтайды.

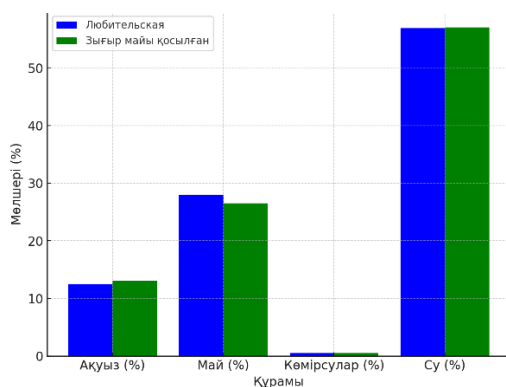
Текстуралы және талғамдық сипаттамаларды талдау зығыр майының 10-25%-ы шұжық пен шұжықтың шырындылығына теріс әсер етпейтіндігін көрсетті. Алайда, майдың 30%-ы артық мөлшерде тартылған еттің байланыстырғыштарын азайтады, бұл құрылымды нашарлатады. Төмендегі 1-ші кестеде зығыр майы қосылған «Любительская» шұжығының тағамдық құндылығы көрсетілген.

Кесте 1 – Зығыр майы қосылған «Любительская» шұжығының тағамдық құндылығы

Индикатор	Бақылау	10% май	15% май	20% май	25% май
Ылғалдылық (%)	56,9	64,9	70,4	75,3	79,5
Ақуыз (%)	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9
Май (%)	28,0	27,98	28,0	28,2	28,5
Энергетикалық құндылығы (ккал)	303	298	303,9	308,6	309,8

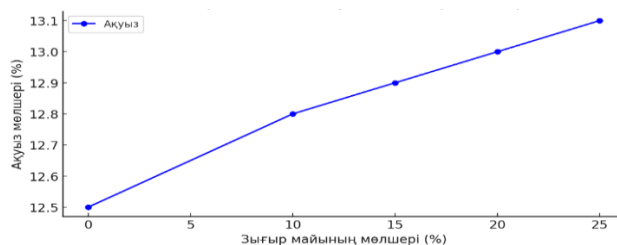
Кестедегі мәліметтерге сәйкес басқа үлгілерге қарағанда зығыр майын 15% қосу нәтижесі, бақылау үлгісіне жақын екенін көрсетеді.

Ал төмендегі 1-ші суретте бақылау үлгісі мен зығыр майы қосылған «Любительская» шұжығының салыстырмалы тағамдық құндылығы диаграмма түрінде көрсетілген.

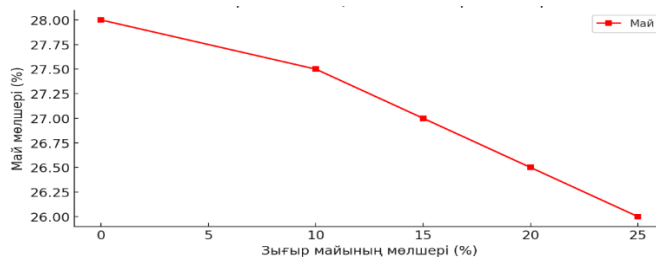


Сурет 1 – Бақылау үлгісі «Любительская» шұжығының және зығыр майы қосылған «Любительская» шұжығының тағамдық құндылығы

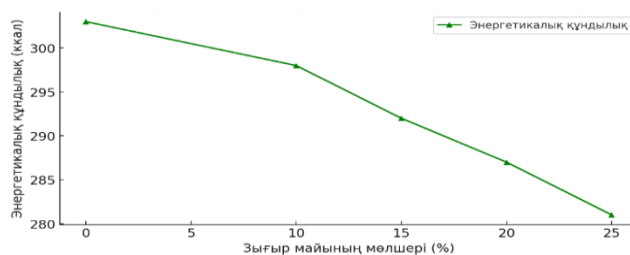
Ал төмендегі диаграммаларда зығыр майының шұжыққа қосқан кездегі тағамдық құндылықтарға әсері көрсетілген.



а. Зығыр майының ақуыз мөлшеріне әсері



б. Зығыр майының май мөлшеріне әсері



в. Зығыр майының энергетикалық құндылыққа әсері

Сурет 2 – Зығыр майын «Любительская» шұжығына қосқандағы тағамдық құндылықтарға әсері (а, б, в)

Алынған мәліметтерді талдай отырып, оны атап өтуге болады:

Зерттеуде пайдаланылған зығыр майы липидті профильді өзгерту шошқа етінен жасалған шұжықтар, сондай-ақ тотығудың бұзылуын бәсеңдетеді. Зерттеуде полиқанықпаған май қышқылдарының концентрациясы, атап айтқанда α -линоленді қышқылдар өсу байқалды, сондай-ақ ауыстыру кезінде 7 күн сақтаудан кейін липидтердің тотығу деңгейінің төмендеуі шошқа майына қарағанда 15%-ға дейін байқалды.

Оңтайлы алмастыру деңгейлері тағамдық құндылықты жақсарту және өнімнің дәстүрлі құрылымын сақтау арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етеді.

Әрі қарай зерттеулер оңтайлы дәм мен құрылымға қол жеткізу үшін зығыр майының басқа өсімдік майларымен үйлесімін зерттеуге бағытталуы мүмкін.

Тәжірибелік мәліметтерді талдау көрсеткендей, ең жақсы нәтижелерге жануарлардың майының 15%-ы зығыр майымен алмастырылған кезде қол жеткізілгенін көрсетті. Бұл композиция тығыз шұжық құрылымын сақтауға, оның тағамдық құндылығын арттыруға және май қышқылдарының профилін жақсартуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, өсімдік майларын пайдалану шұжық өнімдерінің сапасына оң әсер етеді. Зығыр майының енгізілуі арқылы омега-3 және омега-6 май қышқылдарының қатынасы жақсарды, бұл өнімнің денсаулыққа пайдалы екенін дәлелдейді. Алайда, май алмастырудың жоғарғы шегі асып кеткен жағдайда, өнімнің текстурасы мен су байланыстыру қабілеті төмендейді.

Қорытынды

Қорытындылай келе, өсімдік майларын шұжық өнімдеріне енгізу олардың тағамдық құндылығын жақсартуға мүмкіндік береді. Оптималды мөлшерде (15%) зығыр майын қолдану шұжықтың сапалық қасиеттерін сақтай отырып, оның денсаулыққа пайдалы құрамын арттыруға мүмкіндік береді. «Любительская» шұжығына зығыр майын қосқанда қаныққан май қышқылдарының мөлшері төмендеп, полиқанықпаған май қышқылдарының (омега-3 және омега-6) мөлшері едәуір артып, липидтердің тотығу деңгейінің төмендегенін байқалды. Сонымен қатар, зығыр майының антиоксиданттық қасиеті шұжықтың сақтау мерзімін айтарлықтай ұзартты. Болашақ зерттеулер май құрамын реттеу және өсімдік майларының әсерін ұзақ сақтау мерзімінде зерттеуге бағытталуы тиіс.

Әдебиеттер тізімі

1. Иванов П.В. лияние растительных жиров на качество мясной продукции / П.В. Иванов // *Мясная промышленность*. – 2021. – № 12 (3). – С. 45-50.
2. M & E, H., Lee, S. Omega-3 enrichment in meat products: a systematic review / M & E, H., Lee, S. // *International scientific research, international*. – 2022. – № 150. – P. 110891.
3. Сергеев, А.А. Использование альтернативных жиров в мясной промышленности / А.А. Сергеев // *Пищевая наука*. – 2018. – № 3(2). – С. 78-85.
4. Азық-түлік қауіпсіздігі жөніндегі уәкілетті орган (EFSA). (2021). Диеталық майлар және жүрек-қан тамырлары денсаулығы. EFSA Журнал, 19 (5), 2255.
5. TRAN Q. The role of unsaturated fats in food technology / Q. TRAN, H. NGuyen // *Food processing and storage*. – 2020. – № 44(1). – e1453.
6. Smith J. Fat replacement in processed meats: A review / J. Smith, A. Jones // *Journal of Food Science*. – 2020. – № 85(4). – P. 1234-1245.
7. Brown K. The effect of plant oils on the texture of meat products / K. Brown, P. Williams // *Food Chemistry*. – 2019. – № 276. – P. 56-64.
8. Ivanov P.V. The effect of vegetable oils on the quality of meat products / P.V. Ivanov // *Meat industry*. – 2021. – № 12(3). – P. 45-50.
9. Zhao X. Omega-3 enrichment in meat products: A systematic review / X. Zhao, S. Lee // *Food Research International*. – 2022. – № 150. – P. 110891.
10. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary fats and cardiovascular health. EFSA Journal. – 2021. – № 19(5). – P. 2255.

References

1. Ivanov P.V. Ilyanie rastitel'nykh zhirov na kachestvo myasnoi produktsii / P.V. Ivanov // *Myasnaya promyshlennost'*. – 2021. – № 12 (3). – S. 45-50. (In Russian).
2. M & E, H., Lee, S. Omega-3 enrichment in meat products: a systematic review / M & E, H., Lee, S. // *International scientific research, international*. – 2022. – № 150. – R. 110891. (In English).
3. Sergeev, A.A. Ispol'zovanie al'ternativnykh zhirov v myasnoi promyshlennosti / A.A. Sergeev // *Pishchevaya nauka*. – 2018. – № 3(2). – S. 78-85. (In Russian).
4. Azyk-tulik kauipsizdigy zhonindegi uakiletti organ (EFSA). (2021). Dietalyk mailar zhane zhurekkan tamyrlary densaulygy. EFSA Zhurnal, 19 (5), 2255. (In Kazakh).
5. TRAN Q. The role of unsaturated fats in food technology / Q. TRAN, H. NGuyen // *Food processing and storage*. – 2020. – № 44(1). – e1453. (In English).

6. Smith J. Fat replacement in processed meats: A review / J. Smith, A. Jones // Journal of Food Science. – 2020. – № 85(4). – R. 1234-1245. (In English).
7. Brown K. The effect of plant oils on the texture of meat products / K. Brown, P. Williams // Food Chemistry. – 2019. – № 276. – R. 56-64. (In English).
8. Ivanov P.V. The effect of vegetable oils on the quality of meat products / P.V. Ivanov // Meat industry. – 2021. – № 12(3). – R. 45-50. (In English).
9. Zhao X. Omega-3 enrichment in meat products: A systematic review / X. Zhao, S. Lee // Food Research International. – 2022. – № 150. – R. 110891. (In English).
10. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary fats and cardiovascular health. EFSA Journal. – 2021. – № 19(5). – R. 2255. (In English).

А.А Рзабек*, А.Л. Қасенов

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
010011, Республика Казахстан, город Астана, проспект Победы 62
*e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru

ВАЖНОСТЬ ДОБАВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА В РЕЦЕПТ ВАРЕНОЙ КОЛБАСЫ

В данной статье рассматривается вопрос совершенствования рецептуры вареной колбасы «Любительская» с добавлением льняного масла с целью улучшения качества и питательной ценности колбасных изделий. В ходе исследования были проанализированы физико-химические свойства льняного масла, его влияние на структуру, вкус и пищевую ценность колбасы. Предложена возможность и обоснование применения льняного масла в колбасном производстве, продемонстрированы характеристики технологических процессов и качественные показатели готовой продукции. Доказано, что улучшение льняного масла путем добавления стабилизатора в колбасу «Любительская» эффективно. Установлено, что добавление льняного масла в количестве 15% помогает сохранить органолептические свойства продукта. Кроме того, было показано, что его антиоксидантные свойства продлевают срок хранения. В целом, результаты исследования показали, что использование льняного масла в качестве альтернативы животному маслу может повысить питательную ценность колбасных изделий и улучшить их потребительские свойства. В ходе исследования было доказано, что при добавлении льняного масла в колбасу «Любительская» изменяется содержание жирных кислот, в частности, повышается содержание полиненасыщенных жирных кислот. Использование растительных компонентов, кроме мясного сырья, позволило получить смешанные продукты, различающиеся по составу, что значительно расширяет ассортимент высококачественной продукции. В статье освещены вопросы разработки технологии получения функциональных продуктов питания с использованием мясорастительного сырья. Цель исследования-представлены комбинированные пищевые продукты лечебно-профилактического и функционального назначения. Были проведены производственные испытания производства продукции. Оценка органолептического качества, физико-химические и микробиологические показатели готовой продукции проводились по общепринятым методикам.

Ключевые слова: вареная колбаса, льняное масло, пищевая ценность, текстура, заменители жира.

A.A. Rzabek*, A.L. Kasenov

Kazakh agrotechnical research university named after S. Seifullin,
62 Zhenis Ave., Astana, Republic of Kazakhstan, 010011
*e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru

THE IMPORTANCE OF ADDING VEGETABLE OIL TO COOKED SAUSAGE RECIPES

This article discusses the issue of improving the recipe for boiled sausage "Lyubitelskaya" with the addition of linseed oil in order to improve the quality and nutritional value of sausage products. In the course of the study, the physico-chemical properties of linseed oil, its effect on the structure, taste and nutritional value of sausage were analyzed. The possibility and justification of the use of linseed oil in the production of sausages is proposed, the characteristics of technological processes and quality indicators of finished products are shown. It has been proven that improving linseed oil by adding a stabilizer to Lyubitelskaya sausage is effective. It was found that the addition of linseed oil in an amount of 15% helps to maintain the organoleptic properties of the product. In addition, its antioxidant properties have been shown to extend the shelf life. In general, the results of the study showed that the use of flaxseed oil as an alternative to animal fat can increase the nutritional value and improve the consumer properties of sausage products. In the course of the study, it was proved that when linseed oil was added to Lyubitelskaya sausage, the fatty acid composition changed, in

particular, the content of polyunsaturated fatty acids increased. The use of vegetable components other than meat raw materials made it possible to obtain mixed products that are different in composition, which significantly expands the range of high-quality products. The article covers the issues of developing a technology for obtaining functional food products using meat and vegetable raw materials. The purpose of the study is to present combined food products for therapeutic and prophylactic and functional purposes. Production tests were carried out for the production of the product. Organoleptic quality assessment, physico-chemical and microbiological indicators of finished products were carried out according to generally accepted methods.

Key words: boiled sausage, linseed oil, nutritional value, structure, fat substitutes.

Авторлар туралы мәліметтер

Аружан Асылбекқызы Рзабек* – «Тамақ өнімдерінің технологиясы» білім беру бағдарламасының ізденушісі; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4876-9649>.

Әміржан Леонидович Қасенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры.; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Сведения об авторах

Аружан Асылбекқызы Рзабек* – магистрант образовательной программы «Технология продуктов питания», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4876-9649>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Information about the authors

Aruzhan Asylbekkyzy Rzabek* – PhD student of the «Food Technology» educational program, S. Seifullin Kazakh Agro-Technical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: aruzhan.rzabek@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4876-9649>.

Amirjan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Technology of Food and Processing Industries», S. Seifullin Kazakh Agro-Technical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Редакцияға енуі 11.02.2025

Өңдеуден кейін түсуі 17.02.2025

Жариялауға қабылданды 20.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-36](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-36)

FTAXP: 65.33.41



Ф.Х. Смольникова¹, А.С. Смагулова¹, Б.К. Асенова¹, Г.Т. Туменова², Г.Т. Жуманова¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі 20 А

²Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті ШЖҚРМҚК

150000, Қазақстан, Петропавл қаласы, Пушкин көшесі, 86

*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

ЛАМИНАРИЯМЕН МАКАРОН ӨНІМДЕРІНІҢ ТҰТЫНУШЫЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Қазақстандағы макарон өнімдері диетаның маңызды элементі болып табылады. Олардың ұзақ мерзімді сақтау, жылдам және қарапайым пісіру, жеткілікті жоғары қоректік заттар және жоғары емес шығындар арқылы күнделікті тауарлар тізіміне енеді. Макарон өнімдері бешбармақ сияқты көптеген ұлттық тағамдардың негізі болып табылады. Макарон өнімдерінің негізгі өндірісі Қостанай, Солтүстік Қазақстан облыстарында, Шымкентте, Батыс Қазақстан облысында және Астанада шоғырланған.

Табиғи қоспалары бар макарон өнімдерін тағамдық құндылығын арттыру және өнімнің кейбір көрсеткіштерін жақсарту үшін пайдалануға болады. Табиғи қоспаларды қолданған кезде

шикізаттың әр түрі үшін оңтайлы мөлшерді мұқият есептеу керек. Бұл макаронның кейбір басқа көрсеткіштерін нашарлатпай қажетті пайдалы қасиеттері бар өнімді алуға мүмкіндік береді. Мақалада макарон өнімдерінің сапа көрсеткіштерін, құндылығын жақсарту мақсатында теңіз қырыққабаты ұнтағын қосу технологиясы көрсетілген. Зерттеу жүргізу үшін стандартты зерттеу әдістері қолданылды. Құрамында 9 %, 13 %, 16% мөлшерінде Ламинария бар 3 Тәжірибелік рецептуралар жасалды. Зерттеу нәтижелері бойынша ең жақсы формула таңдалды. Құрамында 13% ламинария ұнтағы бар макарон өнімдері тұтынушылардың ең жақсы қасиеттерін көрсетті. Дайын өнімді йод жетіспеушілігін толтыру үшін қажет өнім ретінде ұсынуға болады.

Түйін сөздер: макарон, шикізат, теңіз қырыққабаты, өндіріс, сапа көрсеткіштері.

Кіріспе

Макарон өнімдерін өндіру технологиясын жетілдіру өзекті міндет болып табылады.

Толстых Р.О., Лазарев А.Ф., Покорняк В.П., Лазарев С.А., Петрова В.Д. құрамында йод бар макарон өнімдерін дайындау әдісін ұсынған, ол құрамында йод бар «Йодонорм» қоспасын қолдануды көздейді, ал бидайдың қатты сорттарынан жасалған 1000 кг ұн алынады, содан кейін 3 кг және 0,0125 кг қатынасында алынған су мен "Йодонорм" қоспасын араластыру арқылы "Йодонорм" бар концентрацияланған ерітінді дайындалады, өнертабыс макарон өнімдерін "Йодонорм" тағамдық қоспасын қолдана отырып, сүт сарысуы ақуыздарымен байытуды қамтамасыз етеді, бұл адамның гомеостаз көрсеткіштеріне оң әсер етеді, ал йодты осы формада қолдану қауіпсіз және тиімді [1].

Сондай-ақ Золотарева А.М., Бильгаева Т.А., Шабарчина Н.Г. бірлесе отырып байытылған макарон өнімдерін өндіру әдісі өнген астық пен батпақ қырықбуыны сияқты компоненттерді, сондай-ақ йодталған бор түріндегі минералды қоспаны қамтитын табиғи шыққан құрғақ өсімдік қоспасын енгізуді қолданған. Теңіз шырғаны, беде, бидай шөптерінің тамырсабағы, қалақай жапырағы, бақбақ тамыры және арония жемістері сияқты компоненттермен қосымша байытылған өсімдік қоспасы ылғалды ортада терморегуляциялық өңдеу арқылы дайындалады, содан кейін кептіріледі. Бұл әдістің кемшілігі – арнайы жабдықты қолдана отырып, қосымша технологиялық операцияларды енгізу арқылы өнімді алудың қымбаттығы. Сонымен қатар, қымбаттау өсімдік шикізатының әртүрлі түрлерінің маусымдылығымен байланысты, олардың жинау жиілігі 6 ай ішінде өзгереді. Қоспа компоненттерінің бірін сақтау ұзақтығы шикізаттың едәуір қорларының жиналуына және оның сапалық көрсеткіштерінің төмендеуіне әкеледі [2].

Осы жолда Осипова Г.А., Хмелева Е.В., Серегина Т.В. жасаған өнертабысын ескеру жөн. Өнертабыс тамақ өнеркәсібіне жатады және оны функционалды макарон өндірісінде қолдануға болады. Макарон өнімдерін өндіруге арналған қамырдың құрамы ұсынылды, оның құрамында бидай ұны және Руно сортының екі дәнді дақылдың қабығы аршылған дәнінен алынған ұнтақталған ұн бар, сонымен қатар оның құрамында бастапқы компоненттердің келесі қатынасы кезінде бидай кебегі бар. Рецептурасында: ұны 5, ұнтақталған ұн 5, бидай кебегі 0,3. Қамырдың ылғалдылығының болжамды мөлшері 28-34%. Өнертабыс бидай кебегін қолдану арқылы макарон өнімдерінің құрамындағы тағамдық талшықтардың көбеюін қамтамасыз етеді, бұл өнімдерге функционалды мақсат беруге және сонымен бірге олардың сапасын арттыруға мүмкіндік береді, ал макарон қамырына ұн мен бидай кебегін бірге енгізу шикі глютеннің серпімді қасиеттерін арттырады, ал қоспадағы шикі глютеннің мөлшері кем дегенде 28% құрайды [3].

Бұрын жүргізілген зерттеулер макарон өнімдерінің рецептерінде әсер ету спектрі мен бағыттары әртүрлі функционалды тағамдық қоспалар қолданылатынын көрсетеді. Бұл зерттеуде макарон өнімдерін дайындаудың тұтынушылық қасиеттері мен технологиясын зерттеу жоспарланып отыр.

Зерттеу шарттары мен әдістері

Өсімдік қоспаларымен байытылған, биологиялық және тағамдық құндылығы артқан макарон өнімі зерттеу объектісі ретінде қарастырылды. Макарон өнімдерін дайындау үшін пайдаланылатын шикізаттың нормативтік-техникалық құжаттаманың талаптары бойынша сәйкес келуі керек.

Зерттеу объектісі: макарон өнімдері.

Макарон өнімінің сапасына талдау жасау нормативтік-техникалық құжаттамада баяндалған әдістер бойынша жүргізілді.

Эксперименттік жұмыстарды жүргізу үшін стандартты зерттеу әдістері қолданылды. Макарон өнімдері МЕМСТ 31964 – 2012 бойынша зерттелді [4], Осы нормативтік құжаттарға сәйкес көрсеткіштер анықталды: макарон өнімдерінің түсі мен формалары, иісі мен дәмі, ылғалдылығы, қышқылдығы, күл, металломагниттік қоспалар, зиянкестермен зақымдану және ластану, ақуыз. Сондай-ақ, бұл құжат пісірілген макарон пішінінің сақталуын, қайнаған суға өткен құрғақ затты анықтауды қарастырады. МЕМСТ 29033-91 бойынша майдың анықтамасы [5]. МЕМСТ 5672-2022 91 бойынша көмірсулардың мөлшері [6]. Йодтың мөлшері МЕМСТ 31660-2012 бойынша анықталды [7]. Барлық зерттеулер үш рет қайталанды. Эксперименттік зерттеулерді өңдеу үшін Statistica бағдарламасы қолданылды.

Зерттеу нәтижелері

Бұл зерттеудің мақсаты құрамында йод бар өсімдік ингредиенті қосылған макарон технологиясын әзірлеу, технологиялық өңдеу режимдерін белгілеу, дайын өнімнің сапасын анықтау болды. Зерттеулер «Азық-түлік технологиясы» кафедрасында «Азық-түлік технологиясы» зертханасында жүргізілді.

Макарон өнімдерін өндіру үшін келесі шикізат қарастырылған: қатты бидай ұны, зәйтүн майы, тауық жұмыртқасы, ас тұзы, ламинария ұнтағы. Ламинарияның құрамында көптеген биоактивті компоненттер бар. Құрлықтағы өсімдіктермен салыстырғанда теңіз өсімдіктерінде минералдар мен дәрумендер әлдеқайда көп [8]. Ламинарияның емдік қасиеттері ежелгі заманнан бері белгілі және бүгінгі күнге дейін шығыс медицинасында қолданылады [9, 10]. Қазіргі фармакология оның пайдалы қасиеттерін де бағалайды. Қоңыр балдырларға негізделген препараттар мен диеталық қоспалар жалпы күшейтетін, қабынуға қарсы, антиоксидантты, иммуномодуляциялық және бактерияға қарсы әсерге ие [11]. Ұзақ уақыт қолдану қант диабеті мен семіздіктің дамуына жол бермейді. Ал теңіз қырыққабатының сығындылары косметологияда лайықты қолдануды тапты [12, 13]. Тамақ өнеркәсібі мен фармакологиядан басқа, теңіз балдырлары тоқыма, қағаз, былғары бұйымдарын өндіруде қолданылады және ауыл шаруашылығында қолданылады – олар тыңайтқыштар мен мал азығының бөлігі болып табылады [14, 15].

Ламинарияның химиялық құрамы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Теңіз қырыққабатының химиялық көрсеткіштері [16].

Құрамы	Мөлшері, г
Ақуыздар	0,9
Майлар	0,2
Көмірсулар	3
Тағамдық талшықтар	0,6
Су	88
Күл	4,1
Йод	0,0003
Натрий	0,00052
Калий	0,00097
Магний	0,00017
Темір	0,016
Фосфор	0,055
Калориялығы	5,4 кКал

Теңіз қырыққабатын макарон өндірісінде қолдану шетелдік ғалымдардың зерттеулерінде қолданылды. О.Ф. Фазуллина тиісті зерттеулер жүргізді [17].

Ж.М. Атамбаевның, А. Смағұлның ғылыми зерттеу жұмыстарында теңіз қырыққабатының ұнтағын пайдалану көрсетелген [18].

Макарон өнімдерінің сапасы көбінесе технологиялық процестің өтуіне байланысты. Макарон өнімдерін өндіру процесі келесі негізгі операциялардан тұрады: шикізатты дайындау, макарон қамырын дайындау, қамырды сығымдау, шикізаттарды кесу, кептірілген өнімдерді кептіру, салқындату, дайын өнімді қабылдау және орау.

Бұрын жүргізілген зерттеулердің негізінде және эксперименттік жұмыстың міндеттеріне сәйкес біз ламинариямен жұмыртқа макаронның технологиясын әзірлеуді мақсат қылып қойдық.

Жұмыртқа қосылған макаронның рецепті 2-кестеде келтірілген.

Ламинария ұнтағы шикізат массасының 10%, 13%, 16% мөлшерінде енгізілді.

Кесте 2 – Макарон өнімдерінің рецептурасы, 100 кг

Шикізат атауы	Мөлшері, кг		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Қатты бидай ұны	81,75	76,75	73,75
Зәйтүн майы	0,75	0,75	0,75
Жұмыртқа (сарысы)	8	8	8
Ламинария ұнтағы	10	13	16
Тұз	1,5	1,5	1,5
Барлығы	100	100	100

Технологиялық процесс процестерге сәйкес дәйекті түрде жүзеге асырылды.

Ұн, ламинария ұнтағы, тұз електен өткізіліп, алынған құрғақ қоспаға жұмыртқаның сарысы қосылып, серпімді қамыр иленді.

Қамыр ақуыздардың, крахмалдардың ісінуі және релаксация үшін 15-20 минутқа қалдырылды.

Дайын қамыр қалыңдығы 1 мм жұқа қабатқа жайылды, содан кейін қамыр 1 x 1 см квадраттарға кесіліп, «фарфалле» қалыпталды.

Макарон кептіргіште 550 С температурада 7 сағат бойы кептірілді.

Макарон кептіріліп, қалдық кернеу пайда болуы мүмкін болғандықтан, макарон тұрақтандырылды, яғни 27⁰ С температурада салқындатылды, ауа жылдамдығы 0,2-0,4 м/с, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60-65%, процестің ұзақтығы 4 сағат, ал макарон ылғалдылығы теңестіріледі, ішкі қозғалыс кернеулері жойылады, бұл макаронның жарылып кетуіне жол бермейді. 1-суретте Ламинария ұнтағын дайындау, зертханалық жағдайда макарон ұнымен араластыру процесі көрсетілген.



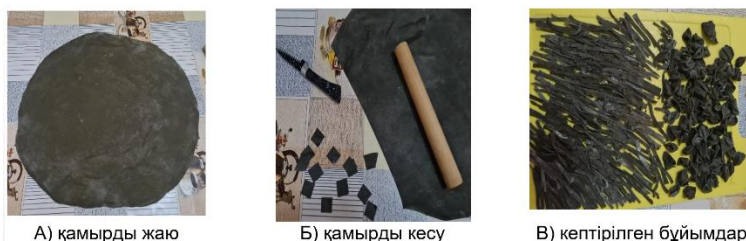
Сурет 1 – Ламинарияны ұнтақтау және рецептура бойынша ұнмен араластыру



Сурет 2 – Қамыр илеу

2-суретте ламинариямен макарон қамырының илеуі көрсетілген

3-суретте қамырды илеу, квадраттарға кесу, «фарфалле» қалыптау, кептірілген бұйымдар көрсетілген.



А) қамырды жаю

Б) қамырды кесу

В) кептірілген бұйымдар

Сурет 3 – Қамырды жаю және пішінге келтіру

Дайын макарон өнімдеріне ламинариясымен 1 жыл 18-20⁰ С температурада, салыстырмалы ылғалдылығы 60% сақталады.Өндірістен кейін макарон сапалы көрсеткіштерге зерттелді.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Зерттеу жұмысының келесі кезеңі дайын өнімнің сапасы мен тағамдық құндылығын зерттеу болды. Макаронның тағамдық құндылығы 2-кестеде келтірілген. Бақылау үлгісі ретінде «Жұмытқа кеспесі», «КЭММИ GROUP» ЖШС, Павлодар қ. алынды.

Кесте 2 – макаронның тағамдық құндылығы

Үлгісінің номері	Ылғалы, %	Май, г	Ақуыз, г	Көмірсулары, г	Күл, г	Энергетикалық құндылығы, ккал
Үлгі 1	9,1±0,02	4,4±0,01	14,23±0,01	71,2±0,02	1,1±0,01	378
Үлгі 2	10,5±0,02	4,3±0,01	14,21±0,03	70,9±0,02	1,3±0,01	379
Үлгі 3	7,02±0,01	4,28±0,01	14,2±0,01	70,5±0,02	1,4±0,03	377
Бақылау үлгісі	14,0±0,03	2,1±0,02	11,3±0,01	68,0±0,02	0,9±0,01	345

Нәтижелерді талдау макарон өнімдерінде ақуыздың, майдың, диеталық талшықтың және күлдің мөлшері бақылау үлгісімен салыстырғанда жоғары болды деген қорытындыға келеді, бұл жоғары тағамдық құндылықты көрсетеді.

Йод пен тағамдық талшықтың мөлшері 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3 – макарон өнімдерінің құрамында йод және тағамдық талшықтар мөлшері

Атауы	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Бақылау үлгісі
Тағамдық талшықтар	4,3±0,01	4,6±0,03	4,8±0,01	3,7±0,01
	0,3±0,01	0,39±0,01	0,48±0,01	жоқ
Йод мөлшері, мкг				

Ламинария ұнтағының дозасының жоғарылауымен көмірсулардың мөлшері біршама төмендеді, бірақ жалпы алғанда бақылау үлгісінен төмен болмады, өйткені көмірсулар ламинарияда да кездеседі. Үлгілердегі йод мөлшері енгізілген қоспаның өсуімен өсті және 0,3-тен 0,48 мкг-ға дейін болды. Ересек адам үшін йодты тұтынудың тәуліктік мөлшері 1 мкг құрайды. Ламинария қоспасын енгізу осы микроэлементтерге күнделікті қажеттіліктің 1/3 бөлігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Физика-химиялық көрсеткіштер 4-кестеде келтірілген.

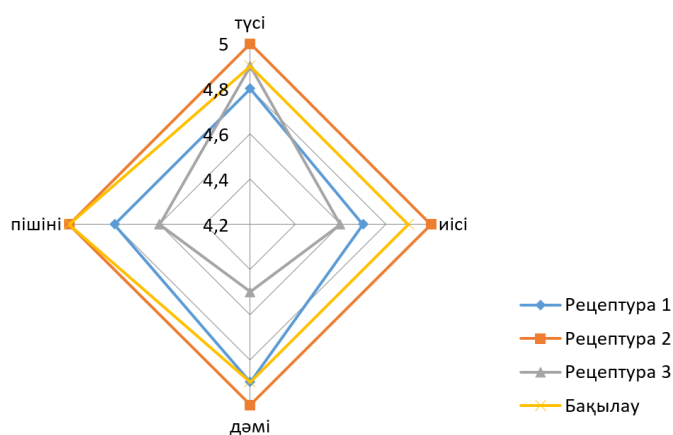
Кесте 4 – Макарон өнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері

Атауы	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Бақылау үлгісі
Қышқылдылығы, °(град)	5	6	7	4
Макарон өнімдерін қайнату уақыты, мин	7	7	7	9
Металл қоспаларының болуы	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ
Зиянкестермен залалдануы	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ
Пісіру ортасына өткен құрғақ заттар, %	2,5±0,01	2,4±0,01	2,45±0,01	2,6±0,01
Дайын қайнатылған өнімнің формасын ұстауы, %	100	100	98	100

Нәтижелер прототиптердің пісіру уақыты бақылау үлгісімен салыстырғанда ең аз болғанын көрсетеді. Барлық үлгілерде зиянкестермен зақымдану және металл қоспалардың болуы болған жоқ. Ең көп құрғақ заттар бақылау үлгісін пісіру кезінде өтті, ең аз мәні 2-рецептура бойынша болды. Бұл ламинария альгинаттарының пісіру кезінде өнімнің ішіндегі қоректік заттарды ұстап тұру қабілетін көрсетеді, бұл осы макарон өнімдерінің артықшылықтарын көрсетеді. Макарон өнімдерінің ең оңтайлы рецепт 1,2 рецептура бойынша және бақылау үлгісінде болды. Ең аз көрсеткіштер 3 рецептурада. Макаронның қышқылдылығы бақылау үлгісінен сәл жоғары болды және теңіз қырықбатының дозасының жоғарылауымен өсті.

Макарон өнімдерін органолептикалық бағалау 5 балдық жүйе бойынша жүргізілді. Зерттеу нәтижелері 4-диаграммада көрсетілген.

Баллдық бағалау көрсеткендей, 2-рецепт ең жақсы сипаттамаларға ие болды және сапа жағынан бақылау үлгісінен кем түспеді. Формулаларды кешенді зерттеу көрсеткендей, 13% Ламинария ұнтағын енгізу өнімнің жақсартылған физика-химиялық және органолептикалық қасиеттерін қамтамасыз етеді, дайын өнім жақсы пісіру қасиеттерін көрсетеді, құрғақ заттарды жақсы ұстайды, сәйкесінше пісіру кезінде шығындар аз болады.



Сурет 4 – Макарон өнімдерін органолептикалық бағалау диаграммасы

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері бойынша бұйра макарон өнімдерін өндірудің технологиялық схемасы жасалды, формула жасалды, физика-химиялық, органолептикалық көрсеткіштер анықталды. Теңіз қырыққабаты ұнтағынан жасалған қоспалар макаронды йодпен байытуға мүмкіндік береді.

Өнімнің рецептіне 13% ламинария ұнтағын енгізу серпімді, серпімді қамыр алуға мүмкіндік береді. Дайын макарон өнімдері тұтынушылық қасиеттерін арттырады. Эксперименттік үлгілерде йодтың мөлшері анықталды, ол осы микроэлементтің күнделікті қажеттілігінің 1/3 бөлігін құрайды.

Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, дайын өнім биологиялық құндылығы жоғары, йод көзі болып табылады, бұл йод тапшылығы бар теңізден алыс орналасқан елді мекендер үшін маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Пат. 2797023 Российская Федерация, МПК A23L 7/109 (2016.01), A21D 2/00 (2006.01). Способ приготовления макаронных изделий, содержащих йод / Толстой Р.О. и др.; заяв. И патентообладатель Алтайский гос.мед.унив-т. – № 2 797 023 С1; заявл. 30.08.2022; опубл. 30.05.2023, Бюл. № 16. – 10 с.
2. Патент 2244445 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/16, 1/30. Способ производства макаронных изделий / А.М. Золотарева,Т.А. Билгаева, Н.Г. Шабарчина; патентооблад. Восточно-Сибирский гос.тех.университет. – № 2 244 445 С2; заявл. 26.08.2002; опубл. 20.01.2005, Бюл. № 2. – 6 с.
3. Патент 2741104 Российская Федерация, МПК A23L 7/00 (2016.01), A23L 7/109 (2016.01). Состав теста для макаронных изделий (варианты) / Осипова Г.А., Хмелева Е. В., Серегина Т. В.; патентооблад. Орловский гос. унив-т им. И.С. Тургенева; заявл. 26.06.2020; опубл. 22.01.2021, Бюл. № 3. – 6 с.
4. МЕМСТ 31964-2012 KZ. Макарон өнімдері. Қабылдау ережелері және сапаны анықтау әдістері. Енгізілді. 01.01.2014. – М.: Стандарт. – 2014. – 14 б.
5. МЕМСТ 29033-91 KZ. Астық және оны қайта өңдеу өнімдері. Майды анықтау әдісі. 01.07.1992 енгізілді. – М.: Стандартиформа, 2004 – 4 б.
6. МЕМСТ 5672-2022 KZ. Нан өнімдері. Қанттың массалық үлесін анықтау әдістері 01.07.2023. – М: «РСТ» ФГБ енгізілді. 2022. – 19 б.
7. МЕМСТ 31660-2012 KZ. Азық-түлік өнімдері. Йодтың массалық концентрациясын анықтаудың инверсиялық-вольтамметриялық әдісі 01.07.2013 жылы енгізілген. – М.: Стандарт. Жарияланды. 13.12.2012. – 13 б.
8. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta* / P. Schiener et al // Journal of applied phycology. – 2015. – Т. 27. – P. 363-373.
9. Bouga M. Emergence of seaweed and seaweed-containing foods in the UK: focus on labeling, iodine content, toxicity and nutrition / M. Bouga, E. Combet // Foods. – 2015. – № 4(2). – P. 240-253.

10. Effects of daily kelp (*Laminaria japonica*) intake on body composition, serum lipid levels, and thyroid hormone levels in healthy japanese adults: A randomized, double-blind study / S. Aoe et al // *Marine Drugs*. – 2021. – Т.19, № 7. – P. 352.
11. Aquaculture production of the brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera*: applications in food and pharmaceuticals / D. Purcell-Meyerink et al // *Molecules*. – 2021. – Т. 26, № 5. – P. 1306.
12. Seaweed and human health / E.M. Brown et al // *Nutrition reviews*. – 2014. – Т. 72, № 3. – P. 205-216.
13. Development of a kelp powder (*Thallus laminariae*) standard reference material / L.L. Yu et al // *Analytical and bioanalytical chemistry*. – 2018. – Т. 410. – P. 1265-1278.
14. Roger Morrison. Антиоксиданттар. Жасалған Күн: 3 September 2021. – URL: <https://kk.svayambhava.org/antioxidantes-3766>.
15. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread / M. Sissons // *Food*. – 2008. – Т. 2, № 2. – P. 75-90.
16. Kim S.K. Physical, chemical, and biological properties of wonder kelp – *Laminaria* / S.K. Kim, I. Bhatnagar // *Advances in food and nutrition research*. – 2011. – № 64. – P. 85-96.
17. Макарон өндірісінде өсімдік байытатын қоспаларды қолдану: Әдеби шолу / О.Ф. Файзуллина және т.б. // ММТУ хабаршысы. – 2019. – Т. 22, № 3. – P. 449-457.
18. Смағұл А. Теңіз қырыққабаты қосылған макарон өнімдерінің рецепті мен технологиясын әзірлеу және зерттеу / А. Смағұл, Ж.М. Атамбаева // «Қазақстанның агроөнеркәсіп кешенін әлемдік азық-түлік хабына түрлендіру: алғы шарттары және болашағы» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының ЖИНАҒЫ (Семей, 1 сәуір 2022 ж.) / бас редактор Б.А. Ердембеков. – Семей: Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, 2022. – Б. 113-116.

References

1. Pat. 2797023 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23L 7/109 (2016.01), A21D 2/00 (2006.01). Sposob prigotovleniya makaronnykh izdelii, sodержashchikh iod / Tolstoi R.O. i dr.; заяв. I patentoobladatel' Altaiskii gos.med.univ-t. – № 2 797 023 S1; заявл. 30.08.2022; opubl. 30.05.2023, Byul. № 16. – 10 s. (In Russian).
2. Patent 2244445 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A 23 L 1/16, 1/30. Sposob proizvodstva makaronnykh izdelii / A.M. Zolotareva, T.A. Bilgaeva, N.G. Shabarchina; patentooblad. Vostochno-Sibirskii gos.tekh.universitet. – № 2 244 445 S2; заявл. 26.08.2002; opubl. 20.01.2005, Byul. № 2. – 6 s. (In Russian).
3. Patent 2741104 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23L 7/00 (2016.01), A23L 7/109 (2016.01). Sostav testa dlya makaronnykh izdelii (varianty) / Osipova G.A., Khmeleva E. V., Seregina T. V.; patentooblad. Orlovskii gos. univ-t im. I.S. Turgeneva; заявл. 26.06.2020; opubl. 22.01.2021, Byul. № 3. – 6 s. (In Russian).
4. MEMST 31964-2012 KZ. Makaron onimderi. Kabyldau erezheri zhane sapany anyktau adisteri. Engizildi. 01.01.2014. – M.: Standart. – 2014. – 14 b. (In Kazakh).
5. MEMST 29033-91 KZ. Aстыk zhane ony kaita ondeu onimderi. Maidy anyktau adisi. 01.07.1992 engizildi. – M.: Standartinforma, 2004 – 4 b. (In Kazakh).
6. MEMST 5672-2022 KZ. Nan onimderi. Kanttyn massalyk ulesin anuktau adisteri 01.07.2023. – M: «RST» FGB engizildi. – 2022. – 19 b. (In Kazakh).
7. MEMST 31660-2012 KZ. Azyk-tylik onimderi. Iodtyn massalyk kontsentratsiyasyn anyktaudyn inversiyalyq-vol'tammetriyalyk adisi 01.07.2013 zhyly engizilgen. – M.: Standart. Zhariyalandy. 13.12.2012. – 13 b. (In Kazakh).
8. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta* / R. Schiener et al // *Journal of applied phycology*. – 2015. – Т. 27. – P. 363-373. (In English).
9. Bouga M. Emergence of seaweed and seaweed-containing foods in the UK: focus on labeling, iodine content, toxicity and nutrition / M. Bouga, E. Combet // *Foods*. – 2015. – № 4(2). – P. 240-253. (In English).
10. Effects of daily kelp (*Laminaria japonica*) intake on body composition, serum lipid levels, and thyroid hormone levels in healthy japanese adults: A randomized, double-blind study / S. Aoe et al // *Marine Drugs*. – 2021. – Т.19, № 7. – P. 352. (In English).
11. Aquaculture production of the brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera*: applications in food and pharmaceuticals / D. Purcell-Meyerink et al // *Molecules*. – 2021. – Т. 26, № 5. – P. 1306. (In English).

12. Seaweed and human health / E.M. Brown et al // Nutrition reviews. – 2014. – Т. 72, № 3. – P. 205-216. (In English).
13. Development of a kelp powder (*Thallus laminariae*) standard reference material / L.L. Yu et al // Analytical and bioanalytical chemistry. – 2018. – Т. 410. – P. 1265-1278. (In English).
14. Roger Morrison. Antioksidanttar. Zhasalfan Kyn: 3 September 2021. – URL: <https://kk.svayambhava.org/antioxidantes-3766>. (In English).
15. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread / M. Sissons // Food. – 2008. – Т. 2, № 2. – P. 75-90. (In English).
16. Kim S.K. Physical, chemical, and biological properties of wonder kelp – *Laminaria* / S.K. Kim, I. Bhatnagar // Advances in food and nutrition research. 2011. – № 64. – P. 85-96. (In English).
17. Makaron ondirisinde osimdik baiytatyn kospalardy koldanu: Adebі sholu / O.F. Faizullina zhane t.b. // MMTU khabarshysy. – 2019. – Т. 22, № 3. – P. 449-457. (In Kazakh).
18. Smagul A. Teniz kyrykkabaty kosylgan makaron onimderinin retsepti men tekhnologiyasyn azirleu zhane zertteu / A. Smagul, ZH.M. Atambaeva // «Kazakstannyn agroonerkasip keshenin alemdik azyk-tulik khabyna turlendiru: algy sharttary zhane bolashagu» khalykaralyk gylymi-tazhibelik konferentsiyasynyn ZHINAGY (Semei, 1 sauir 2022 zh.) / bas redaktor B.A. Erdembekov. – Semei: Semei kalasynyn Shakarim atyndagy universiteti, 2022. – B. 113-116. (In Kazakh).

Ф.Х. Смольникова[†], А.С. Смагулова¹, Б.К. Асенова¹, Г.Т. Туменова², Г.Т. Жуманова¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, город Семей, улица Глинки, 20 А

²Северо-Казахстанский государственный университет имени Манаша Козыбаева,
150000, Казахстан, город Петропавловск, улица Пушкина, 86

*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЛАМИНАРИЕЙ

Макаронные изделия в Казахстане являются важным элементом рациона. Они входят в список повседневных товаров благодаря длительному хранению, быстрому и простому приготовлению, достаточно высоким питательным веществам и невысоким затратам. Макароны являются основой многих национальных блюд, таких как бешбармак. Основное производство макаронных изделий сосредоточено в Костанайской, Северо-Казахстанской областях, Шымкенте, Западно-Казахстанской области и Астане.

Макаронные изделия с натуральными добавками можно использовать для повышения пищевой ценности и улучшения некоторых показателей продукта. При использовании натуральных добавок необходимо тщательно рассчитать оптимальное количество для каждого вида сырья. Это позволяет получить продукт с необходимыми полезными свойствами без ухудшения некоторых других показателей макарон. В статье показана технология добавления порошка морской капусты с целью повышения показателей качества, ценности макаронных изделий. Для проведения исследования использовались стандартные методы исследования. Разработаны 3 экспериментальные рецептуры, содержащие ламинарию в количестве 9%, 13%, 16%. По результатам исследования была выбрана лучшая формула. Макароны, содержащие 13% порошка ламинарии, показали лучшие потребительские качества. Готовый продукт можно рекомендовать как продукт, необходимый для восполнения дефицита йода.

Ключевые слова: макаронные изделия, сырье, морская капуста, производство, показатели качества

F.H. Smolnikova[†], A.S. Smagulova¹, B.K. Asenova¹, G.T. Tumenova², G.T. Zhamanova¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str. 20 A

²North Kazakhstan State University named after Manash Kozybayev,
150000 Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkin Street, 86

*e-mail: smolnikovafarida@mail.ru

RESEARCH OF CONSUMER PROPERTIES OF PASTA WITH LAMINARIA

Pasta in Kazakhstan is an important element of the diet. They are included in the list of everyday goods through long-term storage, fast and simple cooking, sufficiently high nutrients and not high costs. Pasta is the basis of many national dishes, such as beshbarmak. The main production of pasta is concentrated in Kostanay, North Kazakhstan regions, Shymkent, West Kazakhstan region and Astana.

Pasta with natural additives can be used to increase the nutritional value and improve some indicators of the product. When using natural additives, it is necessary to carefully calculate the optimal amount for each type of raw material. This allows you to get a product with the necessary useful properties without worsening some other indicators of pasta. The article shows the technology of adding sea cabbage powder in order to improve the quality indicators, value of pasta. Standard research methods were used to conduct the study. 3 experimental formulations containing kelp in the amount of 9 %, 13 %, 16% were developed. According to the results of the study, the best formula was selected. Pasta with a 13% kelp powder content has shown the best consumer properties. The finished product can be recommended as a product that is needed to replenish iodine deficiency.

Key words: pasta, raw materials, seaweed, production, quality indicator.

Авторлар туралы мәліметтер

Фарида Харисқызы Смольникова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Смагулызы Смағұлова Айша – 7M07201 Азық түлік өнімдерінің бағдарламасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: smagulaisha.07@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1334-1573>.

Бахыткуль Кажкенқызы Асенова – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

Галия Тулеуханқызы Туменова – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

ГүлнараТөкенқызы Жұманова – «Тамақ технологиясы» кафедрасының PhD докторы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Сведения об авторах

Фарида Харисовна Смольникова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевая технология»; университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Айша Смагуловна Смагулова – магистрант образовательной программы 7M07201 «Технология продовольственных продуктов», Университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulaisha.07@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1334-1573>.

Бахыткуль Кажкеновна Асенова – кандидат технических наук, профессор кафедры «Пищевая технология»; Университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

Галия Тулеухановна Туменова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевая технология»; Северо-Казахстанский государственный университет им. Манаша Козыбаева, Республика Казахстан; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Гүлнара Токеновна Жуманова – доктор PhD кафедры «Пищевая технология»; Университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; университет имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Information about the authors

Farida Smolnikova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Aisha Smagulova – Master's student of the educational program 7M07201 «Food Technology», Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulaisha.07@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1334-1573>.

Bakhytkul Asenova – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; e-mail: asenova.1958@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8707-9725>.

Galiya Tumenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology; North Kazakhstan State University named after Manasha Kozybayeva, Republic of Kazakhstan; e-mail: g.tumenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-3520>.

Gulnara Zhumanova – PhD, Department of Food Technology; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; Shakarim Semey University, Republic of Kazakhstan; e-mail: g-7290@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1785-2739>.

Редакцияға енуі 01.11.2024
Өңдеуден кейін түсуі 12.12.2024
Жариялауға қабылданды 13.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-37](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-37)



MPHTI: 65.63.03

К.Ж. Тлеуова^{1*}, А.У. Шингисов¹, А.К. Тулекбаева¹, С.С. Ветохин², И.В. Подорожня³

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
160012, Республика Казахстан, город Шымкент, проспект Тауке хана 5

²Белорусский государственный технологический университет,
220006, Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

³ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» НАН Беларуси,
220141, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 52

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ЗАМЕРЗАНИЯ

Аннотация: Одним из важнейших показателей безопасности молока и продуктов его переработки является кислотность, определяющая свежесть и сроки годности продукции. При этом повышение точности и экспрессности измерения кислотности в настоящее время ограничены возможностями применяемых титриметрического метода и pH-метрии. В этой связи была поставлена задача по поиску альтернативных методов измерения. В качестве такого метода был испытан криоскопический – определение точки заморозания жидкого продукта. В качестве объекта исследования была выбрана простокваша лабораторного приготовления из нормализованного коровьего молока жирностью 2,5%.

Для четырех приготовленных образцов простокваши с помощью автоматического титрометра измеряли титруемую кислотность (K_T) и с помощью криоскопа-миллиосмометра – температуру заморозания (T_3) в процессе ферментации – от свежего молока до готовой простокваши. Полученные данные позволили установить линейную зависимость между этими физическими величинами вида: $K_T = (-T_3 - 0,4701) / 0,0023$ при $R^2 = 0,9879$.

Способ дает возможность достоверной экспресс оценки кислотности молочного продукта: точность измерения температуры лучше 0,1% (температура $-0,5^\circ\text{C}$ измеряется с точностью $0,001^\circ\text{C}$), тогда как погрешность pH-метров составляет, как правило, 1%, а титриметрический метод дает результаты с допуском $\pm 1^\circ\text{T}$.

Полученные данные позволяют рекомендовать использовать криоскопический метод в лабораторной практике молочной промышленности.

Ключевые слова: молоко, кисломолочный продукт, простокваша, титруемая кислотность, температура заморозания, измерение, точность, способ, коэффициенты перевода.

Введение

Повышение сроков сохранения молока и продуктов его переработки при сохранении высоких потребительских свойств представляется важной технической задачей для переработчиков, особенно в условиях массового производства, ориентированного на экспорт. Обеспечение этой задачи привело к появлению достаточно жестких требований стандартов и технических регламентов к свежести исходного молочного сырья [1-4]. При этом основным показателем свежести выступает титруемая кислотность [5, 6], измеряемая в условных градусах по шкале Тернера ($^\circ\text{T}$). Согласно действующим нормам, молоко высшего сорта должно иметь кислотность в диапазоне от 16 до 18°T [5]. Молоко с кислотностью выше 20°T

не подлежит продаже, так как считается скисшим и не соответствующим установленным стандартам. Кроме того, молоко с кислотностью, выходящей за указанный в стандартах диапазон, может оказаться фальсифицированным, например разбавленным водой. [5, 6-13].

Величина кислотности молочных продуктов преимущественно определяется наличием в продуктах молочной и лимонной кислот, белков, в том числе казеина, дающих вклад в кислотность в размере от 6 до 8°Т. На гидрофосфат приходится от 8 до 10°Т, на долю сывороточных белков – 1-2°Т, на диоксид углерода и другие вещества – 1-2°Т. Существующие способы по стабилизации кислотности заключаются в избавлении от причины появления редуказы, т.е. от бактериальной обсемененности [10].

К методам определения кислотности относится, в том числе по ГОСТ 26781, метод измерений, основанный на определении активности ионов водорода (рН) с помощью потенциометрических анализаторов [11-14]. В межгосударственном стандарте ГОСТ 3624 предлагаются титриметрический метод с применением индикатора фенолфталеина и метод определения предельной кислотности молока [12-15].

Потенциометрия имеет ограниченную область применения, что объясняется низкой избирательностью большинства ионоселективных электродов. При этом наиболее привлекательная прямая потенциометрия не всегда обеспечивает должную точность. Более того, все потенциометрические методы характеризуются ограниченным динамическим диапазоном определяемых концентраций [16].

Метод потенциометрического титрования относится к косвенным методам измерения, но обеспечивает более высокие метрологические характеристики, поскольку скачек потенциала используется только как индикатор точки эквивалентности на кривой титрования. Однако результаты требуют пересчета в градусы Тернера в условиях сильного ограничения диапазона линейной зависимости [16, 17].

Кроме того, молочные продукты обладают некоторой буферной емкостью, зависящей от содержания белков и жиров, что сдвигает точку эквивалентности и повышает неопределенность результата измерения [18, 19].

Постановка проблемы

Несмотря на недостатки титриметрического метода его используют повсеместно и признают арбитражным [20, 21].

Вероятно, большую точность может обеспечить в определенных случаях рН-метрия, что требует применения поправочных коэффициентов, специфичных для разных продуктов. Так, для кумыса поправочный коэффициент составляет 60, для кефира – 19, сметаны – 22 [22]. Однако, эти коэффициенты варьируются в зависимости от происхождения сырья.

Результаты измерений при определении кислотности такими способами зависят от температуры образца, скорости титрования и опыта и свойств органов зрения, например, цветовосприятия испытателя, что также снижает точность измерений [5].

Повышение объективности контроля связывают с разработкой нового поколения химических сенсоров кислотности, способных к резкому изменению спектра пропускания при разнесении основных полос поглощения кислых и основных сред [23, 24]. Однако все другие недостатки ионометрии при этом не исчезают.

Цель исследований

В связи с изложенным представляется актуальным проверить возможность применения косвенных методов определения кислотности молочных продуктов, в которых измеряется иная физическая величина, связанная с кислотностью достаточно простой зависимостью, позволяющей пересчитывать ее значение в градусы Тернера. В частности, в настоящей работе была предпринята попытка использовать в качестве такой альтернативной физической величины температуру замерзания жидкого образца. При этом предполагалось установить влияние на коэффициенты пересчета особенностей кисломолочного продукта, в частности, его жирности. Такой выбор обусловлен наличием на большинстве молочных предприятий криоскопического оборудования нужного температурного диапазона, обеспеченность обученными работниками на нем кадрами, а также высокую точность измерений, при некотором ускорении измерительного процесса.

Экспериментальные работы проводились на базе исследовательских лабораторий Белорусского государственного технологического университета в рамках научной стажировки выполнения этапов докторской диссертации.

Методология исследования

Применяемое оборудование и материалы:

Пробирки химические по ГОСТ 19808-86, объемом 50 мл.

Чашки Петри по ГОСТ 25336-82, диаметр 150 мл.

Термостат лабораторный суховоздушный ТС 135S.

Криоскопа-миллиосмометр термоэлектрический МТ-5-01 (НПО «Буревестник», Санкт-Петербург, Российская Федерация).

Милливольтметр рН-150М (Гомельский завод измерительных приборов, Беларусь).

Автоматический титратор

Измерение температуры замерзания проводили по ГОСТ 25101-2015.

Калибровочное определение кислотности вели титриметрическим методом с использованием в качестве индикатора фенолфталеина по ГОСТ 3624. Титрантом служил раствор гидроокиси натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/дм³.

Процедура и условия проведения экспериментов:

Объем образцов простокваш для измерения температуры замерзания составлял 20 мл, что соответствовало объему стандартной для криоскопа МТ-5-01 измерительной пробирки. Заполненную пробирку помещали в охлаждающую камеру криоскопа, опускают в нее измерительную головку прибора и проводят измерение точки замерзания согласно руководству по эксплуатации устройства. После получения отсчета пробирку вынимали, промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Термодатчик и иглу измерительной головки криоскопа ополаскивали дистиллированной водой и высушивали фильтровальной бумагой для ускорения подготовки к последующим измерениям.

Активную кислотность молочных продуктов определяли рН-метром.

Калибровочное определение кислотности вели с помощью автоматического титратора в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора с установкой точки эквивалентности на уровне рН=8,7.

Исследованные образцы простокваш были изготовлены в лабораторных условиях из ультрапастеризованного молока с жирностью 2,5% (пластиковые бутылки объемом 1000 мл), закупленного в розничной сети г. Минска. При этом использовали бактериальные закваски "Vita" (Минск, Республика Беларусь). Информация о молоке и закваске, указанная на упаковке продукта, приведена в таблице 1. Простоквашу готовили в соответствии с рекомендациями производителя закваски, предварительно подогревая бутылки с молоком на водяной бане до температуры 37-39 °С перед добавлением закваски.

Таблица 1 – Некоторые сведения, содержащиеся в маркировке потребительской упаковке молока питьевого и сухой закваски

Отличительные признаки продуктов	Продукты	
	Молоко «Савушкин» питьевое ультрапастеризованное	Закваска «Vita» сухая для простокваши
Состав	Молоко нормализованное	<i>Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus</i>
Пищевая ценность 100 г продукта:		
белок, г	3,0	-
жир, г	2,5	-
углеводы, г	4,7	-
Энергетическая ценность	53,3 ккал (223,4 кДж)	-
Количество продукта	1000 мл	1,4 г (2 пакетика по 0,7 г) с количеством молочнокислых микроорганизмов не менее 10 ⁹ КОЕ/г
ТНПА	ТУ ВУ 200030514.085-2009	ТУ РБ 00028493.370-93
Срок годности	15 суток	12 месяцев
Изготовитель, страна	ОАО «Савушкин продукт», Республика Беларусь	РУП «Институт мясо-молочной промышленности», Республика Беларусь

Проводилось параллельное приготовление простокваш из двух пакетиков сухой закваски, взятых из двух различных партий и приобретенных в торговой сети г. Минска. С каждым образцом закваски готовили два образца простокваши.

Культивирование вели при 37 °С при периодическом контроле титруемой кислотности. Достоверность обеспечивалась пятикратным повторением измерений в каждой точке с последующим расчетом среднего значения и среднего квадратичного отклонения. Результаты обрабатывали с использованием возможностей программы Microsoft Excel.

Использование ультрапастеризованного молока позволяло минимизировать ошибки эксперимента благодаря пониженному содержанию в образцах остаточной микрофлоры.

На рисунке 1 показана работа по проведению экспериментов в микробиологической лаборатории Белорусского государственного технологического университета.



Рисунок 1 – Проведение экспериментов в лаборатории БГТУ

Результаты исследования и их обсуждение

В таблицах 2 и 3 приведены средние значения результатов измерений и диапазон разброса полученных значений для четырех отобранных образцов исходного питьевого ультрапастеризованного коровьего молока и полученной из него простокваши.

Таблица 2 – Средние значения физико-химических показателей отобранных образцов питьевого ультрапастеризованного коровьего молока

Показатель	Результаты анализа	
	Средние значения	Диапазон значений
Температура замерзания, °С	-0,513±0,009	-0,519...-0,510
Титруемая кислотность, °Т	17,0±1,1	16,5...17,3
pH	6,83±0,07	6,82...6,84

Таблица 3 – Средние измеренные значения физико-химических показателей лабораторной простокваши

Показатель	Результаты анализа	
	Средние значения	Диапазон значений
Температура замерзания, °С	-0,681±0,009	-0,695...-0,663
Титруемая кислотность, °Т	90,3±1,0	88,0...92,0
pH	4,44±0,04	4,38...4,51

В таблицах 4-7 приведены данные по динамике выбранных физико-химических показателей для полученных нами образцов простокваши в процессе ее созревания.

Таблица 4 – Средние результаты измерений кислотности и температуры замерзания образца №1 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °С	Титруемая кислотность, °Т
0,00	-0,510	17,0
0,33	-0,511	17,0
2,17	-0,509	17,0
3,10	-0,513	17,0
4,23	-0,512	17,0
5,20	-0,514	18,0
5,78	-0,512	18,0
6,45	-0,521	21,0
6,97	-0,538	28,0
7,47	-0,564	47,0
8,08	-0,620	63,0
8,58	-0,631	72,0
9,62	-0,651	80,0
10,78	-0,663	89,0

Таблица 5 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №2 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °С	Титруемая кислотность, °Т
0,00	-0,510	17,0
0,22	-0,511	17,0
2,05	-0,505	17,0
2,98	-0,513	17,0
4,12	-0,513	17,0
5,08	-0,515	19,0
5,67	-0,523	24,0
6,33	-0,544	38,5
6,85	-0,589	51,0
7,35	-0,622	63,0
7,97	-0,627	76,0
9,50	-0,658	88,0
10,67	-0,673	88,0

Таблица 6 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №3 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °С	Титруемая кислотность, °Т
0,00	-0,519	17,3
1,52	-0,525	20,0
2,57	-0,545	36,0
3,35	-0,597	57,0
4,37	-0,638	74,0
5,28	-0,658	78,5
6,32	-0,671	84,0
7,85	-0,682	88,0
9,27	-0,696	91,0
10,27	-0,692	93,0
11,23	-0,695	92,0

Таблица 7 – Средние значения кислотности и температуры замерзания образца №4 в процессе культивирования

Время сквашивания, часы	Температура замерзания, °С	Титруемая кислотность, °Т
0,00	-0,516	16,5
1,58	-0,520	19,0
2,63	-0,535	27,0
3,42	-0,580	47,0
4,43	-0,638	68,0
5,35	-0,653	77,0
6,38	-0,669	80,0
7,92	-0,684	87,0
9,33	-0,693	91,0
10,33	-0,692	91,0
11,30	-0,693	92,0

Полученные данные позволили установить взаимную зависимость температуры замерзания и титруемой кислотности молочного продукта, представленную на рисунке 2.

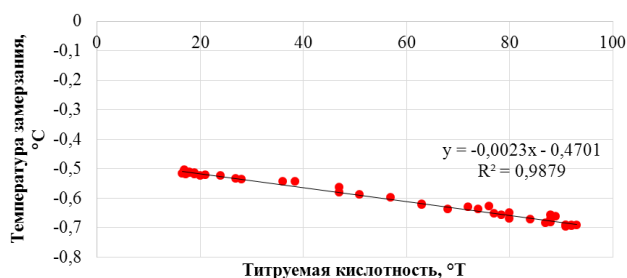


Рисунок 2 – Взаимная зависимость температуры замерзания и титруемой кислотности молочного продукта

Очевиден линейный характер этой зависимости в диапазоне разумных для простокваши значений кислотности. Линейная регрессия, полученная с помощью MS Excel, описывалась формулой вида: $T_3 = -0,0023 \cdot K_T - 0,4701$, где T_3 – температура замерзания, K_T – титруемая кислотность. Точность аппроксимации экспериментальной зависимости указанной линейной функцией составила 0,9879.

Заключение

Предложенный нами способ определения кислотности молока и продуктов его переработки, в частности простокваши, по температуре замерзания может быть рекомендован к использованию в лабораторной практике молочной промышленности. При этом возможно обеспечение точности измерений лучше 0,1% (температура $-0,5^\circ\text{C}$ измеряется с точностью $0,001^\circ\text{C}$), тогда как погрешность рН-метров составляет, как правило, 1%, а титриметрический метод дает результаты с допуском $\pm 1^\circ\text{T}$. Метод обладает двойным, как минимум, быстродействием по сравнению с автоматическим титрованием и практически независим от внешних условий.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. №67 (с *изменениями* на 15 июля 2022 года). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293778/4293778171.pdf> (дата обращения: 29.09.2022).
2. ГОСТ 31449 -2013. Межгосударственный стандарт. Молоко сырое. Технические условия. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. – 8 с.
3. СТБ 1598-2006. Молоко коровье. Требования при закупках. – Минск: Госстандарт, 2006. – 15 с.
4. СТ РК 1733-2015. Молоко и молочные продукты. Общие технические условия. – Астана: Комитет технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан (Госстандарт), 2015. – 52 с.
5. Тёпел А. Химия и физика молока / А. Тёпел. – СПб.: Профессия, 2012. – 513 с.
6. Твердохлеб Г.В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 149 с.
7. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: Учебник. 5-е изд., испр. и доп. / К.К. Горбатова. – Изд-во ГИОРД.: 2021. – 336 с.
8. Брио Н.П. Технохимический контроль в молочной промышленности / Н.П. Брио, Н.П. Конокотина, А.И. Титов. – М.: ПИЩЕПРОМИЗДАТ, 1962. – 396 с.
9. Товароведная и ветеринарно-санитарная экспертиза молока и молочных продуктов: Учебное пособие / Л.Ф. Якупова и др. – Казань, 2018. – 144 с.
10. Бацукова Н.Л. Гигиеническая экспертиза молока и молочных продуктов: учебно-методическое пособие / Н.Л. Бацукова, И.П. Щербинская. – Минск: БГМУ, 2007. – 31 с.
11. ГОСТ 32892 – 2014. Молоко и молочная продукция Метод измерения активной кислотности. – М.: Изд-во Москва Стандартиформ 2015. – 4 с.
12. Крусь Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина – М.: Колос, 2000. – 368 с.
13. Меркулова Н.Г. Производственный контроль в молочной промышленности. Практическое руководство / Н.Г. Меркулова, М.Ю. Меркулов, И.Ю. Меркулов. – СПб.: ИД «Профессия», 2010. – 656 с.
14. Качество молока. Справочник для работников лабораторий, зоотехников молочно-товарных ферм и работников молокоперерабатывающих предприятий / В.Я. Лях и др. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 208 с.
15. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – Минск: Госстандарт, 2007. – 10 с.
16. Герасимова Н.С. Потенциометрические методы анализа / Н.С. Герасимова. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 44 с.
17. Комиссаренков А.А. Потенциометрия / А.А. Комиссаренков, Г.Ф. Пругло, В.А. Фёдоров. – СПб ГТУРП. – СПб., 2013. – 64 с.
18. Артеменко А.И. Справочное руководство по химии / А.И. Артеменко, В.А. Малеванный, А.И. Тикунова. – М.: Высшая школа, 1990. – 303 с.

19. Тикунова И.В. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: учебное пособие / И.В. Тикунова, Н.В. Дробницкая, А.И. Артеменко. – М.: Высшая школа, 2009. – 413 с.
20. Свиридова А.М. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям «Ветеринарно-санитарная экспертиза и контроль / А.П. Свиридова, О.В. Копоть, Л.С. Кипцевич. – Гродно: ГГАУ, 2008 – 43 с.
21. Коряжнов В.П. Практикум по ветеринарно-санитарной экспертизе молока и молочных продуктов / В.П. Коряжнов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1981. – 160 с.
22. Пат. 28378 Республика Казахстан, МПК G01N 33/04. Способ определения кислотности кисломолочных продуктов.
23. Wencel D. Optical Chemical pH Sensors (Review) / D. Wencel, T. Abel, C. McDonagh // Anal. Chem. – 2014. – V. 86. – P. 15-29.
24. Steinegger A. Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications / A. Steinegger, O.S. Wolfbeis, S.M. Borisov // Chem. Rev. – 2020. – V. 120. – P. 12357-12489.

References

1. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo Soyuza TR TS 033/2013 «O bezopasnosti moloka i molochnoi produktsil», prinyat Resheniem Soveta Evraziiskoi ehkonomicheskoi komissii ot 9 oktyabrya 2013 g. №67 (s izmeneniyami na 15 iyulya 2022 goda)). URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293778/4293778171.pdf> (data obrashcheniya: 29.09.2022). (In Russian).
2. GOST 31449 -2013. Mezhhgosudarstvennyi standart. Moloko syroe. Tekhnicheskie usloviya. – М.: Izd-vo Standartinform, 2013. – 8 s. (In Russian).
3. STB 1598-2006. Moloko korov'e. Trebovaniya pri zakupkakh. – Minsk: Gosstandart, 2006. – 15 s. (In Russian).
4. ST RK 1733-2015. Moloko i molochnye produkty. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Astana: Komitet tekhnicheskogo regulirovaniya i metrologii Ministerstva po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan (Gosstandart), 2015. – 52 s. (In Russian).
5. Tepel A. Khimiya i fizika moloka / A. Tepel. – SPb.: Professiya, 2012. – 513 s. (In Russian).
6. Tverdokhleб G.V. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov / G.V. Tverdokhleб. – М.: DELI print, 2006. –149 s. (In Russian).
7. Gorbatoва K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov : Uchebник. 5-e izd., ispr. i dop. / K.K. Gorbatoва. – Izd-vo GИORD.: 2021. – 336 s. (In Russian).
8. Brio N.P. Tekhnokhimiicheskii kontrol' v molochnoi promyshlennosti / N.P. Brio, N.P. Konokotina, A.I. Titov. – М.: PISHCHEPROMIZDAT, 1962. – 396 s. (In Russian).
9. Tovarovednaya i veterinarno-sanitarnaya ehkspertiza moloka i molochnykh produktov: Uchebnoe posobie / L.F. Yakupova i dr. – Kazan', 2018. – 144 s. (In Russian).
10. Batsukova N.L. Gigienicheskaya ehkspertiza moloka i molochnykh produktov: uchebno-metodicheskoe posobie / N.L. Batsukova, I.P. Shcherbinskaya. – Minsk: BGMU, 2007. – 31 s. (In Russian).
11. GOST 32892 – 2014. Moloko i molochnaya produktsiya Metod izmereniya aktivnoi kislotnosti. – М.: Izd-vo Moskva Standartinform 2015. – 4 s. (In Russian).
12. Krus' G.N. Metody issledovaniya moloka i molochnykh produktov / G.N. Krus', A.M. Shalygina, Z.V. Volokitina – М.: Kolos, 2000. – 368 s. (In Russian).
13. Merkulova N.G. Proizvodstvennyi kontrol' v molochnoi promyshlennosti. Prakticheskoe rukovodstvo / N.G. Merkulova, M.YU. Merkulov, I.YU. Merkulov. – SPb.: ID «ProfessiYA», 2010. – 656 s. (In Russian).
14. Kachestvo moloka. Spravochnik dlya rabotnikov laboratorii, zootekhnikov molochno-tovarnykh ferm i rabotnikov molokopererabatyvayushchikh predpriyatii / V.YA. Lyakh i dr. – SPb.: GИORD, 2008. – 208 s. (In Russian).
15. GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti. – Minsk: Gosstandart, 2007. – 10 s. (In Russian).
16. Gerasimova N.S. Potentsiometricheskie metody analiza / N.S. Gerasimova. – М.: Izdatel'stvo MGТУ im. N. EH. Baumana, 2010. – 44 s. (In Russian).
17. Komissarenkov A.A. Potentsiometriya / A.A. Komissarenkov, G.F. Pruglo, V.A. Fedorov. – SPb GTURP. – SPb., 2013. – 64 s. (In Russian).

18. Artemenko A.I. Spravochnoe rukovodstvo po khimii / A.I. Artemenko, V.A. Malevannyi, A.I. Tikunova. – M. : Vysshaya shkola, 1990. – 303 s. (In Russian).
19. Tikunova I.V. Spravochnoe rukovodstvo po analiticheskoi khimii i fiziko-khimicheskim metodam analiza: uchebnoe posobie / I.V. Tikunova, N.V. Drobnitskaya, A.I. Artemenko. – M.: Vysshaya shkola, 2009. – 413 s. (In Russian).
20. Sviridova A.M. Metodicheskie ukazaniya k laboratorno-prakticheskim zanyatiyam «Veterinarno-sanitarnaya ehkspertiza i kontrol' / A.P. Sviridova, O.V. Kopot', L.S. Kiptsevich. – Grodno: GGAU, 2008 – 43 s. (In Russian).
21. Koryazhnov V.P. Praktikum po veterinarno-sanitarnoi ehkspertize moloka i molochnykh produktov / V.P. Koryazhnov. – 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Kolos, 1981. – 160 s. (In Russian).
22. Pat. 28378 Respublika Kazakhstan, MPK G01N 33/04. Sposob opredeleniya kislotnosti kislomolochnykh produktov. (In Russian).
23. Wencel D. Optical Chemical pH Sensors (Review) / D. Wencel, T. Abel, C. McDonagh // Anal. Chem. – 2014. – V. 86. – R. 15-29. (In English).
24. Steinegger A. Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications / A. Steinegger, O.S. Wolfbeis, S.M. Borisov // Chem. Rev. – 2020. – V. 120. – R. 12357-12489. (In English).

К.Ж. Тлеуова^{1*}, А.У. Шингисов¹, А.К. Тулекбаева¹, С.С. Ветохин², И.В. Подорожня³

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тәуке хан даңғылы 5,

²Белорусь мемлекеттік технологиялық университеті,
220006, Беларусь, Минск қ., Свердлов к-сі, 13а

³ААҚ «Оптрон Аспап жасау зауыты» Беларусь ҰҒА,
220141, Беларусь Республикасы, Минск қ., Франциск Скорина к-сі, 52.

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҒЫН МҰЗДАТУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ БОЙЫНША АНЫҚТАУ ТӘСІЛІН ӨЗІРЛЕУ

Сүт пен оның өңделген өнімдерінің қауіпсіздігінің маңызды көрсеткіштерінің бірі өнімнің балғындығы мен сақтау мерзімін анықтайтын қышқылдық болып табылады. Сонымен қатар қышқылдықты өлшеудің дәлдігі мен жылдамдығын арттыру қазіргі уақытта қолданылатын титриметриялық әдіс пен рН-метрияның мүмкіндіктерімен шектеледі. Осыған байланысты баламалы өлшеу әдістерін іздеу міндеті қойылды. Сұйық өнімнің қату температурасын анықтау әдісі ретінде криоскопиялық сынақтан өтті. Зерттеу нысаны ретінде майлылығы 2,5% нормаланған сиыр сүтінен зертханалық дайындалған сүзбе сүті таңдалды.

Йогурттың төрт дайындалған үлгісі үшін титрленетін қышқылдық (ТА) автоматты титрометр көмегімен өлшенді, ал мұздату температурасы (Тз) ашыту процесі кезінде – жаңа сүттен дайын йогуртқа дейін криоскоп-миллиосмометрдің көмегімен өлшенді. Алынған мәліметтер форманың осы физикалық шамалары арасында сызықтық байланысты орнатуға мүмкіндік берді: $CT = (-Tz - 0,4701) / 0,0023$ $R2 = 0,9879$.

Әдіс сүт өнімдерінің қышқылдығын сенімді түрде көрсетуге мүмкіндік береді: температураны өлшеу дәлдігі 0,1%-дан жоғары (температура $-0,5^{\circ}C$ $0,001^{\circ}C$ дәлдікпен өлшенеді), әдетте рН-метрлердің қателігі 1% және титриметриялық әдіс $\pm 1^{\circ}T$ төзімділікпен нәтиже береді.

Алынған мәліметтер сүт өнеркәсібінде зертханалық тәжірибеде криоскопиялық әдісті қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: сүт, ашытылған сүт өнімі, жай ашытылған сүт өнімі, титрленетін қышқылдық, мұздату температурасы, өлшеу, дәлдік, әдіс, аударма коэффициенттері.

К.Ж. Тлеуова^{1*}, А.У. Шингисов¹, А.К. Тулекбаева¹, С.С. Ветохин², И.В. Подорожня³

¹М. Auevov South Kazakhstan University,
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent city, Tauke Khan Avenue 5,

²Belarusian State Technological University,
13a Sverdlova str., Minsk, 220006, Belarus

³ОАО «Оптрон Instrument-Making Plant» of the National Academy of Sciences of Belarus,
52 Franziska Skaryna str., Minsk, 220141, Republic of Belarus.

*e-mail: kalamkas-tleuova@mail.ru

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE ACIDITY OF DAIRY PRODUCTS BY FREEZING POINT

One of the most important safety indicators of milk and its processed products is acidity, which determines the freshness and shelf life of the products. At the same time, increasing the accuracy and speed of acidity measurement is currently limited by the capabilities of the titrimetric method and pH-metry. In this regard, the task was set to search for alternative measurement methods. A cryoscopic method was tested as such a method - determining the freezing point of a liquid product. Laboratory-prepared curdled milk from normalized cow's milk with a fat content of 2.5% was chosen as the object of study. For four prepared samples of curdled milk, titratable acidity (TA) was measured using an automatic titrator and freezing point (FP) was measured using a cryoscope-milliosmometer during fermentation - from fresh milk to finished curdled milk. The data obtained made it possible to establish a linear relationship between these physical quantities of the form: $TA = (-FP - 0.4701) / 0.0023$ at $R^2 = 0.9879$. The method enables a reliable express assessment of the acidity of a dairy product: the accuracy of temperature measurement is better than 0.1% (a temperature of -0.5°C is measured with an accuracy of 0.001°C), while the error of pH meters is, as a rule, 1%, and the titrimetric method gives results with a tolerance of $\pm 1^\circ T$. The data obtained make it possible to recommend the use of the cryoscopic method in laboratory practice in the dairy industry.

Key words: milk, fermented milk product, curdled milk, titrated acidity, freezing point, measurement, accuracy, method, conversion coefficients.

Авторлар туралы мәліметтер

Қаламқас Жұмабекқызы Тлеуова* – «Биотехнология» кафедрасының 8D05120 – «Агроөнеркәсіп кешендегі биотехнологиялық аспектілер» білім беру бағдарламасының докторанты, ҚЕАҚ «М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті», Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Азрет Утебаевич Шингисов – техникалық ғылымдарының докторы, профессор, «Технология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айжамал Конисбаевна Тулекбаева – техникалық ғылымдарының кандидаты, «Стандарттау және сертификаттау» кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Сергей Сергеевич Ветохин – физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор, «Өнімді сертификаттаудың физика-химиялық әдістері» кафедрасының меңгерушісі, Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Ирина Викторовна Подорожня – техникалық ғылымдар магистрі, Беларусь ҰҒА «Оптрон Аспап жасау зауыты» ААҚ ғылыми-зерттеу бөлімінің ғылыми қызметкері, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Сведения об авторах

Қаламқас Жумабековна Тлеуова* – докторант образовательной программы 8D05120 – «Биотехнологические аспекты в агропромышленном комплексе» кафедры «Биотехнология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Азрет Утебаевич Шингисов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Айжамал Конисбаевна Тулекбаева – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Стандартизация и сертификация» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Сергей Сергеевич Ветохин – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры «Физико-химических методов сертификации продукции» Белорусского государственного технологического университет, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Ирина Викторовна Подорожня – магистр технических наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» Национальной Академии Наук Республики Беларусь, Минск, Беларусь. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Information about the authors

Kalamkas Zhumabekovna Tleuova* – doctoral student of the educational program 8D05120 – Biotechnological aspects in the agro-industrial complex department «Biotechnology» of the NJSC «South Kazakhstan University. M. Auezov», Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-2668>.

Azret Utebayevich Shingisov – doctor of technical sciences, professor, head of the department «Technology and food safety» NJSC «South Kazakhstan University». M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Aizhamal Konisbaevna Tulekbayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Standardization and certification, NJSC South Kazakhstan University. M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4680-6216>.

Sergey Sergeevich Vetokhin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physical and Chemical Methods of Product Certification, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8613-731X>.

Irina Viktorovna Podorozhnaya – Master of Technical Sciences, Researcher at the Research Department of OAO «Instrument-Making Plant Optron» of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6838-5291>.

Поступила в редакцию 21.10.2024

Поступила после доработки 16.12.2025

Принята к публикации 17.12.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-38](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-38)



FTAXP: 65.63.33

С.С. Төлеубекова*, Ә.Е. Әліпов, Е.С. Жарықбасов, М.М. Джумажанова, А.Т. Қабденова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі 20А

*e-mail: saltosha-sandu@mail.ru

ГРЕК ЙОГУРТЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ САРЫСУЫНДАҒЫ АҚУЫЗ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ

Аңдатпа: Бұл ғылыми мақалада майсыз сүтті қолдана отырып және орта тізбекті триглицеридтер (МСТ) майын қосу арқылы грек йогуртын өндіру технологиясы қарастырылады. Йогурттан артық сұйықтықты алып тастағаннан кейін алынған сарысудың ақуыз құрамын талдауға баса назар аударылады. Зерттеудің мақсаты-сарысудағы ақуыздың мөлшерін анықтау және оны дайын өнімді байыту үшін одан әрі пайдалану мүмкіндіктерін бағалау. Ақуызды анықтау процесі спектрофотометрді қолдана отырып, Бредфорд әдісімен жүзеге асырылды, бұл қалған сарысудағы ақуыз мөлшерін сандық талдауға мүмкіндік берді. Бредфорд әдісі ақуыздардың кумасси бояғышымен әрекеттесуіне негізделген Гауһар Көк G-250, ол ақуыздармен байланысады және ерітіндінің түсін өзгертеді, бұл ақуыз концентрациясын оптикалық тығыздық бойынша өлшеуге мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері сарысу ақуыздарының қайта қолдану мүмкіндігі жоғары екенін көрсетеді. Грек йогуртын осы ақуыздармен байыту ақуызды көбейту арқылы оның тағамдық құндылығын арттыра алады. Осылайша, грек йогурты өндірісінің жанама өнімін пайдаланудың инновациялық тәсілі ұсынылады, бұл өндіріс процесінің тиімділігін арттыруға және тамақ қалдықтарын азайтуға көмектеседі. Нәтижелер ашытылған сүт өнімдерін өндірумен айналысатын сүт өнеркәсібі кәсіпорындары үшін, сондай-ақ азық-түлік технологиясы мен нутрициологиядағы ғылыми зерттеулер үшін пайдалы болуы мүмкін. Сарысу ақуыздарын талдау мен өңдеудің осы әдісін қолдану биологиялық құндылығы жоғары өнімдерді құруға және өндіріс шығындарын азайтуға ықпал етеді. Осылайша, ұсынылған технология одан әрі зерттеу және өнеркәсіптік өндіріске енгізу үшін перспективалы бағыт болып табылады.

Түйін сөздер: грек йогурты, сарысу ақуыздары, Бредфорд әдісі, спектрофотометрия, МСТ майы, ақуыз талдауы, функционалдық тамақ.

Кіріспе

Салауатты тамақтанудың негізгі заманауи трендтерінің бірі - оңтайлы құрамдағы тамақ өнімдерін өндіру, яғни адам ағзасының қажеттіліктерін барынша қанағаттандыратын, функционалды бағыты бар және жоғары органолептикалық қасиеттері бар ингредиенттер жиынтығы мен қатынасы бар тағамдарды жасау. Халықаралық азық-түлік туралы ақпарат кеңесі (IFIC) функционалды тағамдарды негізгі диетаға қарағанда адам денсаулығына пайдалы әсер етеді деп анықтайды. Тамақтану саласында жұмыс істейтін зерттеушілер көптеген жұқпалы емес аурулар мен дұрыс тамақтанбау арасында тікелей байланыс орнатты [1]. Мысалы, асқазан-ішек жолдарының созылмалы аурулары, панкреатит және холецистит дұрыс тамақтанбаудың себептерінің бірі болып табылады [2, 3]. Соңғы уақытта тұтынушылық қасиеттері бар пайдалы тағамдарды жобалау қарқынды дамып келе жатқан бағыт болып табылады.

Панкреатит және тағы да басқа іш құрылыс аурулары кезінде диеталық шектеулер денсаулықты сақтауда және асқынудың алдын алуда маңызды рөл атқарады. Стэнфорд клиникасының ұсыныстарына сәйкес, панкреатитпен ауыратын адамдарға май қабылдауды шектеу ұсынылады, өйткені олар ұйқы безін шамадан тыс жүктей алады. Дәстүрлі майлар ыдырау үшін ұйқы безі ферменттерін қажет етеді, бұл ағзаға қосымша стресс тудырады және қабыну реакцияларының қаупін арттырады. Алайда, қоректік заттардың сіңуінің бұзылуынан туындаған салмақ жоғалту кезінде МСТ майының диетаға қалыпты енгізілуіне жол беріледі [4].

Орташа тізбекті триглицеридті май (МСТ) – негізінен пальма және кокос майларынан алынатын және тек *mcfas* каприн және каприл қышқылдарынан тұратын тазартылған май. Тұтыну кезінде МСТ ішекте гидролизденеді және бауыр порталы веноздық жүйесі арқылы бауырға тікелей тасымалданады [5]. МСТ майы көбінесе салмақ жоғалту үшін, сондай-ақ кетогендік диетаны ұстанатын адамдар үшін қолданылады [6].

Майсыз сүттен жасалған грек йогурты осындай функционалды өнімді жасау үшін тамаша негіз болып табылады. Дәстүрлі йогурттан айырмашылығы, грек йогурты ақуыздың жоғарылауымен сипатталады, бұл оны қоректік заттардың құнды көзі етеді (1 кесте). Грек йогурты сарысуынан алынған ақуызға бай фракциялар мен жоғары тазартылған ақуыздар көптеген маңызды тағамдық және фармацевтикалық қосымшалар үшін құнды ингредиенттер береді [7]. Сарысуда сүттегі қатты заттардың ~ 50% және сүттегі жалпы ақуыздардың 20% бар; ол сонымен қатар лактозаның, сарысу ақуызының, дәрумендердің және сүт минералдарының көзі болып табылады [8]. Әдетте, сарысудағы құрғақ заттардың жалпы мөлшерінің 70% - дан астамы лактоза, ал сарысудағы құрғақ заттардың 7,5-14% ақуыздар [9]. Сарысу ақуыздары ерекше функционалды және қоректік қасиеттерге ие болғандықтан жеке сарысулық ақуыздарды оқшаулауды және тазартуды коммерциялық тұрғыдан тартымды болып келеді [10].

Кесте 1 – Сарысу ақуызының құрамы

Ақуыз	Үлесі (% w/w)	Молекулалық массасы (kDa)	Изоэлектрлік нүктесі (pI)	Денатурация температурасы, Tm (°C)
β -Lactoglobulin (BLG)	40-50	18,4	5,35-5,49	75
α -Lactalbumin (ALA)	12-15	14	4,5-4,8	26 (apo form), 64 (holo form)
Glycomacropeptide (GMP)	12	6,8	4,3-4,6	-
Immunoglobulins (Igs)	8,0	150-1000	5,5-8,3	-
Bovine serum albumin (BSA)	5,0	66,0	4,7-5,1	80
Lactoferrin (LF)	1,0	76,5	7,0-9,0	60-65 (apo form), 90 (holo form)
Lactoperoxidase (LP)	0,5	78	9,2-9,9	-
Proteose-peptone	0,19	4-22	3,3-3,7	-

Бұған қоса, өнімнің құрамына орта тізбекті триглицеридтерді (МСТ майлары) қосу ұйқы безіне ауыртпалықсыз, денені қосымша энергиямен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. МСТ майы тез метаболизденеді және ферменттерді қажет етпейді, бұл әсіресе асқазан-ішек жолдарының қызметі бұзылған адамдар үшін өте маңызды. Бұл жұмыстың мақсаты-Брэдфорд әдісін қолдана отырып, зертханалық жағдайда дайындалған йогурттағы ақуыздың мөлшерін зерттеу. Өнімді дайындау нәтижесінде алынған сарысуда және йогуртта талдау жүргізілді, және нәтижелер функционалды йогурттың ақуыздық құндылығын бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеу әдістері

Эксперимент жүргізу үшін келесі ингредиенттер мен реагенттер қолданылды:

Майлылығы 0,5% болатын қалыпқа келтірілген сүт.

Өнімді байыту үшін қосылған орта тізбекті триглицеридтер (МСТ майы).

Құрамында тірі бактериялық дақылдар бар йогурт ашытқысы (*Lactobacillus bulgaricus* және *Streptococcus thermophilus*).

Coomassie Brilliant blue G-250 ерітіндісін қамтитын ақуыз концентрациясын анықтауға арналған Брэдфорд реагенті.

Калибрлеу қисығын құру үшін стандартты ақуыз ретінде Өгіз сарысуы альбумині (BSA).

Грек йогурты зертханалық жағдайда келесідей дайындалды:

1. Сүт сепаратор қондырғысында 0,5%-ға дейін майсыздандарылды
2. Майсыз сүт сарысулық ақуыздарды денатурациялау және дайын өнімнің консистенциясын жақсарту үшін 85°C температураға дейін қыздырылды.
3. Сүт 40°C температураға дейін салқындатылды, содан кейін ашытқы қосылды.
4. Өнімді байыту үшін қоспаға МСТ майы (сүттің жалпы көлемінің 2%) қосылды.
5. Сүт қоспасы қажетті қышқылдыққа және қалың консистенцияға жеткенше 6-8 сағат бойы 37-40°C температурада инкубацияланды.
6. Ашытудан кейін йогурт сарысудан сүзгі арқылы бөлінді. Дайын йогурт ақуыздың құрамын талдау үшін қалдырылды, бірақ бұл экспериментте қалған сарысудың ақуыз құрамы зерттелді.

Үлгілердегі ақуыздың мөлшерін анықтау үшін Гауһар Көк G-250 кумасси бояуын ақуыздармен байланыстыруға негізделген Брэдфорд әдісі қолданылды. Ол жоғары сезімталдық пен сенімділікке ие, бұл оны биохимиялық зерттеулер үшін қолайлы етеді. Брэдфорд реактиві Gold Biotechnology әдісіне сәйкес дайындалды: 100 мг кумасси Гауһар Көк G-250 50 мл 95% этанолда ерітілді, содан кейін баяу 100 мл 85% фосфор қышқылын қосып, көлемін 1 литрге дейін тазартылған сумен жеткізді. Алынған ерітінді ықтимал қалдықтарды кетіру үшін сүзіліп, +4 °C температурада сақталды.

Калибрлеу қисығын құру үшін 10-нан 50 мкг-ға дейінгі концентрация диапазонында стандартты ақуыз қолданылды. Ерітінділер келесідей дайындалды: кюветтерге ақуыз стандартының белгілі бір көлемі (10, 20, 30, 40 және 50 мкг) қосылды, содан кейін 3 мл Брэдфорд реактиві қосылды. Бақылау ретінде ақуыз қосылмаған (0 мкг) үлгі қолданылды.

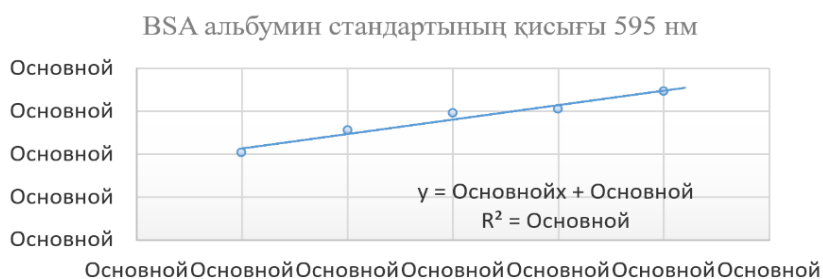
Зерттеу нәтижелері

Бөлме температурасында 10 минут инкубациядан кейін абсорбция 595 нм толқын ұзындығында өлшенді. Нәтижелер 2 кестеде келтірілген.

Кесте 2 – Калибрлеу қисығы

Ақуыз концентрациясы (мкг)	Абсорбциясы (Abs595)
0	0
10	1,011
20	1,227
30	1,480
40	1,529
50	1,730

Осы мәліметтер негізінде сызықтығы регрессия теңдеуімен расталған калибрлеу қисығы салынды: $y=0.0169x+0.8984$, мұндағы y -сіңіру мәні, x -ақуыз концентрациясы (1 сурет).



Сурет 1 – Калибрлеу қисығы

Белгісіз ақуыз үлгілері де осылай талданды. Әр үлгі 3 мл Брэдфорд реактиві қосылды, содан кейін сіңіру өлшенді. Ақуыз концентрациясы регрессия теңдеуі арқылы және жұту коэффициентін ескере отырып есептелді (3 кесте). Ақуыз концентрациясы 14,296 мкг/мл болды.

Кесте 3 – Үлгідегі ақуыз концентрациясы

Ү жұту	X концентрация (мкг)
1,532	14,296
1,011	10
1,277	20
1,48	30
1,529	40
1,73	50

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Зерттеу нәтижелері грек йогурт сарысуындағы ақуыздарды Брэдфорд әдісімен сандық анықтау мүмкіндігін растады, бұл сүт өнімдерінің ақуыз құрамын талдаудың сенімді және қайталанатын әдісін қамтамасыз етеді. Нәтижелер бұл әдісті қолдану қалдық сарысудағы ақуыздың едәуір мөлшерін анықтауға мүмкіндік бергенін көрсетті, бұл оны тамақ өнеркәсібінде қайталама қолданудың орындылығын көрсетеді.

Брэдфорд әдісін қолдану арқылы ақуыз концентрациясын эксперименттік анықтау келесі нәтижелерді берді: 595 нм оптикалық тығыздықты өлшеу сарысудағы ақуыз концентрациясының 14,296 мкг/мл екенін көрсетті. Үлгіде анықталған негізгі ақуыз – BSA (Bovine Serum Albumin, бұқа сарысуы альбумині), ол сүт өнімдерінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және функционалдық қасиеттеріне байланысты тамақ өнеркәсібінде кеңінен қолданылады.

BSA эмульсияларды тұрақтандыруда, тағамның құрылымын жақсартуда және функционалды тағамдық қоспаларды байытуда шешуші рөл атқарады. Грек йогуртының қалдық сарысуындағы бұл ақуыздың жоғары мөлшері оны тамақ өндірісінің әртүрлі технологияларында одан әрі қолдану мүмкіндігін растайды. Ақуыздардың кумасси бояғышымен өзара әрекеттесуіне негізделген Брэдфорд әдісі Гауһар Көк G-250, сарысудағы ақуыз концентрациясын дәл және қайталанатын түрде анықтауға мүмкіндік берді. Стандартты ақуызға (BSA) негізделген калибрлеу қисығы $y=0,0169x+0,8984$ теңдеуімен сызықтық Байланыс берді (мұндағы y – сіңіру, x – ақуыздың мкг/мл концентрациясы), бұл техниканың жоғары дәлдігін растайды.

Стандартты BSA ақуызының әртүрлі концентрациялары сіңіру мәндері келесідей болды:

- 10 мкг/мл – 1,011
- 20 мкг/мл – 1,227
- 30 мкг / мл – 1,480
- 40 мкг / мл – 1,529
- 50 мкг / мл – 1,730.

Осы мәліметтермен салыстырғанда зерттелген сарысу үлгісі сіңуін көрсетті 1,532, бұл ақуыз концентрациясын мынаған тең екені көрсетті – 14,296 мкг/мл. Сарысудағы BSA және басқа ақуыздардың анықталған жоғары концентрациясы оларды тамақ өнеркәсібінде қайта қолдану мүмкіндігін растайды. Сарысу ақуыздарының тағамдық құндылығы жоғары, ерігіштігі жақсы және гелеу және эмульсия қабілеті сияқты тамаша функционалдық сипаттамалары бар.

Грек йогуртының сарысуынан алынған ақуыздарды қолдану келесі бағыттарда жүзеге асырылуы мүмкін:

- Йогурттарды, сүзбе массаларын және ірімшік өнімдерін байыту үшін сарысу ақуыздарын қолдану.
- Ақуыз коктейльдеріне және спортшыларға арналған арнайы қоспаларға сарысу ақуыздарын қосу.
- Пісірілген тағамдардың, тұздықтардың, сорпалардың және ет өнімдерінің құрылымы мен тағамдық құндылығын жақсарту.
- Ағзадағы ақуыздардың сіңімділігін арттыру үшін биологиялық белсенді қоспалардың құрамында қолдану.

Алдыдағы зерттеулердің болашағы оқшауланған ақуыздардың функционалдық қасиеттерін, олардың соңғы өнімнің органолептикалық және технологиялық сипаттамаларына әсерін зерттеуді және жоғары құнды тағамдық ингредиенттерді алу үшін сарысуды өңдеудің

жаңа әдістерін әзірлеуді қамтиды. Бұл технологияны енгізу өндірісті оңтайландыруға, тамақ қалдықтарын азайтуға және инновациялық тамақ өнімдерін жасауға ықпал етуі мүмкін.

Қорытынды

Стандартты ақуыз диапазоны 10-нан 50 мкг-ға дейінгі Брэдфорд әдісін қолдану дәл және қайталанатын нәтижелерге қол жеткізді. Брэдфорд реактивін дұрыс дайындау және инкубация шарттарын сақтау, әдістің жоғары сезімталдығы мен сенімділігін қамтамасыз етті. Зерттеу грек йогуртында өндірілетін сарысудың ақуыз құрамын анықтау үшін Брэдфорд әдісінің тиімділігін көрсетті. Алынған нәтижелер дайын өнімді байыту үшін ақуыздарды қайтадан пайдаға асырудың орындылығын растады. Бұл тәсіл йогурттың тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, қалдықтарды азайту арқылы өндірістік процесті оңтайландырады. Одан кейінгі зерттеулер оқшауланған ақуыздардың функционалдық қасиеттерін және олардың түпкілікті өнімнің органолептикалық сипаттамаларына әсерін зерттеуге бағытталуы мүмкін. Бұл тәсілді өнеркәсіптік ауқымда іске асыру инновациялық сүт өнімдерін құруға және тұрақты өндірісті дамытуға ықпал етуі мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Кайшев В.Г. Состояние и перспективы развития рынка функциональных продуктов питания / В.Г. Кайшев, С.Н. Сергин // Переработка молока. – 2018. – № 2. – С. 64-67.
2. Onecia B. Chronic Pancreatitis / B. Onecia, L.L. Sarah. – 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482325/>.
3. Петров В.Н. Хронический холесцестит / В.Н. Петров, В.А. Лапотников // Санкт-Петербургская медицинская академия последипломного образования, Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. Павлова. – 2011.
4. Nutrition Guidelines for Chronic Pancreatitis Patient Education // Digestive Health Center at Stanford Hospital and Clinics // NS 12/2012.
5. Chapman-Lopez T.J. The Effects of Medium-Chain Triglyceride Oil Supplementation on Endurance Performance and Substrate Utilization in Healthy Populations: A Systematic Review / T.J. Chapman-Lopez, Yu. Koh // PMID: PMC9579472 PMID: 36096496. – 2022. – № 31(3). – P. 217-229.
6. Medium-Chain Triglyceride Oil and Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials / K.M. McKenzie et al // The Journal of Nutrition. – 2021. – Vol. 151, Issue 10. – P. 2949-2956.
7. Separation Technologies for Whey Protein Fractionation / G.Q. Chen et al. 2023. – Vol. 15. – P. 438-465.
8. Ganju S. A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents / S. Ganju, P.R. Gogate // J Food Eng. – 215. – P. 84-96.
9. Membrane processes for whey proteins separation and purification a review / R. Agüero et al // Curr Org Chem. – № 21(17). – P. 1740-1752.
10. Zydney AL. Protein separations using membrane filtration: new opportunities for whey fractionation / AL. Zydney // Int Dairy J. – № 8(3). – P. 243-250. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(98\)00045-4](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(98)00045-4).

References

1. Kaishev V.G. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka funktsional'nykh produktov pitaniya / V.G. Kaishev, S.N. Sergin // Pererabotka moloka. – 2018. – № 2. – S. 64-67. (In Russian).
2. Onecia B. Chronic Pancreatitis / B. Onecia, L.L. Sarah. – 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482325/>. (In English).
3. Petrov V.N. Khronicheskii kholestsestit / V.N. Petrov, V.A. Lapotnikov // Sankt-Peterburgskaya meditsinskaya akademiya poslediplomnogo obrazovaniya, Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. akad. Pavlova. – 2011. (In Russian).
4. Nutrition Guidelines for Chronic Pancreatitis Patient Education // Digestive Health Center at Stanford Hospital and Clinics // NS 12/2012. (In English).
5. Chapman-Lopez T.J. The Effects of Medium-Chain Triglyceride Oil Supplementation on Endurance Performance and Substrate Utilization in Healthy Populations: A Systematic Review / T.J. Chapman-Lopez, Yu. Koh // PMID: PMC9579472 PMID: 36096496. – 2022. – № 31(3). – P. 217-229. (In English).

6. Medium-Chain Triglyceride Oil and Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials / K.M. McKenzie et al // The Journal of Nutrition. – 2021. – Vol. 151, Issue 10. – P. 2949-2956. (In English).
7. Separation Technologies for Whey Protein Fractionation / G.Q. Chen et al. 2023. – Vol. 15. – R. 438-465. (In English).
8. Ganju S. A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents / S. Ganju, P.R. Gogate // J Food Eng. – 215. – R. 84-96. (In English).
9. Membrane processes for whey proteins separation and purification a review / R. Agüero et al // Curr Org Chem. – № 21(17). – R. 1740-1752. (In English).
10. Zydney AL. Protein separations using membrane filtration: new opportunities for whey fractionation / AL. Zydney // Int Dairy J. – № 8(3). – R. 243-250. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(98\)00045-4](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(98)00045-4). (In English).

С.С. Толубекова*, Ә.Е. Әліпов, Е.С. Жарыкбасов, М.М. Джумажанова, А.Т. Қабденова
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, город Семей, ул. Глинки 20А,
*e-mail: saltosha-sandu@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРЕЧЕСКОГО ЙОГУРТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ЕГО СЫВОРОТКЕ КОЛИЧЕСТВА БЕЛКОВ

В данной научной статье рассматривается технология производства греческого йогурта с использованием обезжиренного молока и добавлением жира со средней длиной цепи триглицерида (МСТ). Особое внимание уделено анализу содержания белка в сыворотке, полученной после удаления лишней жидкости из йогурта. Цель исследования – определить количество белка в сыворотке и оценить возможности его дальнейшего использования для обогащения готовых продуктов. Процесс определения белка осуществляли методом Брэдфорда с использованием спектрофотометра, который позволял количественно анализировать количество белка в оставшейся сыворотке. Метод Брэдфорда основан на взаимодействии белков с красителем кумасси Diamond Blue G-250, который связывается с белками и изменяет цвет раствора, что позволяет измерять концентрацию белка по оптической плотности. Результаты исследований показывают, что сывороточные белки имеют высокую возможность повторного использования. Обогащение греческого йогурта этими белками может повысить его пищевую ценность за счет увеличения содержания белка. Таким образом, предложен инновационный способ использования вторичного продукта производства греческого йогурта, позволяющий повысить эффективность производственного процесса и сократить пищевые отходы. Результаты могут быть полезны для предприятий молочной промышленности, занимающихся производством кисломолочных продуктов, а также для научных исследований в области технологии пищевых продуктов и питания. Использование данного метода анализа и обработки сывороточных белков способствует созданию продуктов высокой биологической ценности и снижению себестоимости производства. Таким образом, предлагаемая технология является перспективным направлением для дальнейших исследований и внедрения в промышленное производство.

Ключевые слова: греческий йогурт, сывороточные белки, метод Брэдфорда, спектрофотометрия, масло МСТ, анализ белка, функциональное питание.

S. Toleubekova*, A. Alipov, Ye. Zharykbasov, M. Jumazhanova, A. Kabdenova
Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey city, Glinka street 20A,
*e-mail: saltosha-sandu@mail.ru

TECHNOLOGY FOR MAKING GREEK YOGURT AND DETERMINING THE AMOUNT OF PROTEIN IN ITS WHEY

This scientific article discusses the technology for the production of Greek yogurt using skim milk and adding medium-chain triglyceride (MCT) fat. The emphasis is on the analysis of the protein content of the whey obtained after removing excess liquid from the yogurt. The purpose of the study is to determine the amount of whey protein and assess the possibilities of its further use for enriching the finished product. The protein determination process was carried out by the Bradford method using a spectrophotometer, which made it possible to quantitatively analyze the amount of protein in the remaining serum. Bradford's method is based on the interaction of proteins with the kumassi dye Diamond Blue G-250, which binds to proteins and changes

the color of the solution, which makes it possible to measure protein concentration by optical density. The results of the study show that whey proteins have a high potential for reuse. Enriching Greek yogurt with these proteins can increase its nutritional value by increasing the protein content. Thus, an innovative approach is proposed to use the by-product of the production of Greek yogurt, which helps to increase the efficiency of the production process and reduce food waste. The results can be useful for dairy industry enterprises engaged in the production of fermented milk products, as well as for scientific research in food technology and nutrition. The use of this method of analysis and processing of whey proteins contributes to the creation of products of high biological value and reducing production costs. Thus, the proposed technology is a promising direction for further research and implementation in industrial production.

Key words: Greek yogurt, whey proteins, Bradford method, spectrophotometry, MST oil, protein analysis, functional food.

Сведения об авторах

Сандугаш Сайлауовна Толеубекова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Әділ Ерболұлы Әліпов – магистрант 2 курса ОП 7М07501 «Стандартизация и сертификация»; Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: lpov.dl@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9694-585X>.

Ерлан Сауықович Жарықбасов – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Айнур Толеухановна Қабденова – магистр биотехнологии; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Авторлар туралы мәліметтер

Сандугаш Сайлауовна Толеубекова* – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Әділ Ерболұлы Әліпов – 7М07501 «Стандарттау және сертификаттау» білім беру бағдарламасының 2 курс магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: lpov.dl@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9694-585X>.

Ерлан Сауықович Жарықбасов – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Айнур Толеухановна Қабденова – биотехнология магистрі; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Information about the authors

Sandugash Toleubekova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Adil Alipov – master of the 2nd year of the specialty «Standardization and certification»; Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: lpov.dl@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9694-585X>.

Yerlan Zharykbasov – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Madina Jumazhanova – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Ainur Kabdenova – Master of Biotechnology; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Редакцияға енуі 03.02.2025

Өңдеуден кейін түсуі 07.02.2025

Жариялауға қабылданды 08.02.2025

А.О. Утегенова*, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, Б.М. Кулуштаева, Ж.Б. Асиржанова
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: asia_aksu@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования определения удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы. Для иммобилизации ферментов при создании биосенсорных тест-систем определения фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей среды исследователями в качестве биокатализатора использовались в основном ферменты из класса гидролаз, а именно, ацетилхолинэстеразы или бутирилхолинэстеразы. Для обоснования выбора фермента при разработке тест-системы проведены исследования по определению удельной активности двух гидролитических ферментов: ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы.

В статье были применены теоретические и экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования были проведены на основе общепринятых, модифицированных и стандартных методов исследований физико-химических, органолептических, реологических, гигиенических показателей безопасности объектов исследований, а также удельной активности ферментов.

Поскольку, молоко является сложной полидисперсной системой, то важным фактором является выбор фермента с более высокой удельной активностью. По данным литературных источников гидролитические ферменты (ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы) обладают высокой чувствительностью к ингибирующим свойствам карбофоса, которая проявляется в понижении удельной активности фермента.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что из двух гидролитических ферментов наибольшую удельную активность показывает ацетилхолинэстераза в сравнении с бутирилхолинэстеразой как в водной среде, так и в молоке.

Ключевые слова: пестициды, молоко, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстеразы, биосенсор, фермент, иммобилизация.

Введение

При создании биосенсорной системы типа тест-системы основное значение приобретает иммобилизация ферментов.

Одним из перспективных направлений ускоренных аналитических методов являются иммуносенсоры, основными элементами, которых являются биологические элементы, представляющие ферменты, микроорганизмы, ткани, антитела и целые клетки. Иммуносенсоры, основанные на высокоселективной и чувствительной реакции антиген-антитело, позволяют идентифицировать определенный пестицид.

Биосенсоры на основе ферментов позволяют обнаруживать большое количество загрязняющих веществ. Генно-инженерные ацетилхолинэстеразы широко используются в биосенсорах на основе ингибирования ферментов при обнаружении пестицидов. Некоторые генно-инженерные микроорганизмы также находят применение для разработки микробных биосенсоров при обнаружении пестицидов. В последние годы аптамеры использовались в качестве новых элементов молекулярного распознавания при разработке биосенсоров, хотя они не были использованы для анализа содержания пестицидов.

Нанотехнологии также играют важную роль в разработке эффективных биосенсоров для обнаружения пестицидов. При этом используются различные наноматериалы (наночастицы и нанотрубки) с различными свойствами [7-10].

На основании анализа литературных источников установлено, что основным преимуществом применения иммобилизованных ферментов при формировании биокатализаторов в виде гелей, капсул, мембран и других является сохранение их удельной активности при длительном хранении в сравнении с растворимым ферментом [1, 2].

Для иммобилизации ферментов при создании биосенсорных тест-систем определения фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей среды исследователями в качестве биокатализатора использовались в основном ферменты из класса гидролаз, а именно, ацетилхолинэстеразы или бутирилхолинэстеразы [3, 4].

Поскольку, молоко является сложной полидисперсной системой, то важным фактором является выбор фермента с более высокой удельной активностью. По данным литературных источников гидролитические ферменты (ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы) обладают высокой чувствительностью к ингибирующим свойствам карбофоса, которая проявляется в понижении удельной активности фермента. В связи с этим при разработке биосенсорной тест-системы предполагается использовать, именно данные гидролитические ферменты, для определения остаточных количеств фосфорорганических пестицидов, в частности, карбофоса в молоке.

Для обоснования выбора фермента проведены исследования по определению удельной активности двух гидролитических ферментов: ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы [6].

Анализ литературных источников показал, что для исследования по определению остаточных количеств фосфоорганического пестицида в объектах окружающей среды, разработана методика Филипповой А.М., Воробьевой О.В., которая основано на количественном определении уксусной кислоты, образующейся из ацетилхолинхлорида в результате ферментативной реакции с ацетилхолинэстеразой [3].

Удельная активность фермента оценивается по концентрации выделившейся уксусной кислоты, которая, в свою очередь определяется по содержанию ионов водорода, в результате изменения окраски индикатора – фенолового красного на ФЭК-КФК – 5 при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Вместе с тем необходимо отметить, что в молоке содержатся ионы водорода, которые возможно могут повлиять на результаты исследования.

В связи с этим, для оценки достоверности полученных результатов определения удельной активности ацетилхолинэстеразы по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. параллельно были проведены ряд исследований по подбору реактива для проведения качественной реакции на ацетат-анион, которая позволит определить количество выделившейся уксусной кислоты.

На основании проведенных исследований в качестве реагента для определения концентрации уксусной кислоты по ацетат-аниону был выбран хлорид трехвалентного железа (FeCl_3).

Методы исследования

На начальном этапе исследования было проведено исследование определения удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. в водной среде.

Методика проведения эксперимента заключается в следующем:

- подготовка буферного раствора (рН 8,4), (6,2 мл раствора тетрабората натрия с концентрацией 0,05 моль/л смешивали с 3,8 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л);
- подготовка водного раствора фермента ацетилхолинэстеразы (15 мг в 10 мл дистиллированной воды);
- подготовка 2%-го водного раствора ацетилхолин хлорида, (4 г ацетилхолина растворяли в 10 мл дисстилизованной воды);
- подготовка водного раствора хлорида трехвалентного железа (1 г сухого FeCl_3 растворяли в 100 мл дистиллированной воды).

К 0,1 мл водного раствора фермента ацетилхолинэстеразы добавляли 2 мл буферного раствора с рН 8,4 и термостатировали в течение 30 минут при температуре 37°C. Параллельно термостатировали подготовленный 2%-ный водный раствор ацетилхолинхлорида, используемого в качестве субстрата [4].

Для постановки ферментативной реакции к исследуемому раствору ацетилхолинэстеразы добавляли 0,5 мл 2%-ого раствора ацетилхолин хлорида, далее смесь подвергали инкубированию в течение 30 минут при температуре 37°C. По окончании реакции в пробирку вносили 2,1 мл дистиллированной воды и 0,3 мл индикатора фенолового красного (0,02%-ый водный раствор). Оптическую плотность образца оценивали по малиновой окраске на ФЭК-КФК – 5 при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм.

Количество выделившейся уксусной кислоты определяли по калибровочному графику (рис. 2).

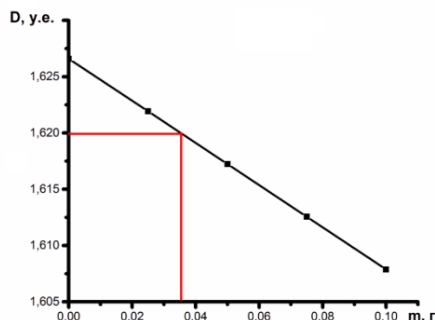


Рисунок 2 – Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе с индикатором феноловым красным

На основе анализа калибровочного графика рисунка 2 установлено, что при оптической плотности раствора субстрата с ферментом 1,62 условных единиц масса уксусной кислоты в растворе составила 0,035 г.

Для расчета количества молей уксусной кислоты необходимо массу образовавшейся кислоты разделить на молярную массу уксусной кислоты – 60:

$$0,035/60=0,58 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 0,58 \text{ ммоль}$$

Далее производим расчет удельной активности холинэстеразы по формуле (3):

$$A = \frac{V_{(HAc)}}{V_{(ChE)}} \quad (3)$$

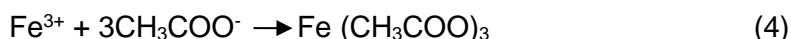
где $V_{(HAc)}$ – моль уксусной кислоты;

$V_{(ChE)}$ – масса фермента, мл.

Удельная активность фермента ацетилхолинэстеразы, рассчитанная по формуле (1), составила:

$$A = \frac{0,58 \text{ ммоль}}{0,1 \text{ мл}} = 5,8 \text{ ммоль/мл}$$

Для доказательства полученных результатов наличия в растворе продуктов разложения субстрата ацетилхолина, а именно концентрации уксусной кислоты, нами было предложено в методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. заменить индикатор феноловый красный на реагент (хлорид трехвалентного железа ($FeCl_3$)), который позволил бы определить содержание уксусной кислоты по ацетат-аниону:



Исследования были проведены по вышеуказанной методике, однако вместо индикатора фенолового красного был применен реагент хлорид трехвалентного железа ($FeCl_3$).

Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе представлен на рисунке 3.

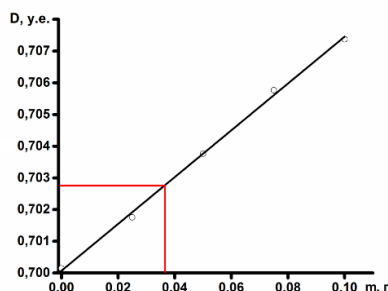


Рисунок 3 – Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе с индикатором хлорид трехвалентного железа

На основе анализа калибровочного графика рисунка 3 установлено, что при оптической плотности раствора субстрата с ферментом 0,7028 условных единиц масса уксусной кислоты в растворе составила 0,036 г.

Для дальнейшего расчета удельной активности фермента необходимо массу уксусной кислоты перевести в моль, для этого делим массу уксусной кислоты на молярную массу кислоты – 60:

$$0,036/60=6\cdot 10^{-4} \text{ моль} = 0,6 \text{ ммоль}$$

Далее рассчитываем удельную активность по формуле (5)

$$A = \frac{0,60}{0,1 \text{ мл}} = 6,0 \text{ ммоль/мл} \quad (5)$$

где 0,60 – моль уксусной кислоты,

0,1 – объем раствора фермента, мл.

В результате проведенных исследований установлено, что применение реагента хлорида трехвалентного железа для проведения качественной реакции вместо индикатора фенолового красного позволило получить показатель удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы идентичный показателю, полученного по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В.

Результаты исследований

На основании проведенных исследований установлено, что удельная активность бутирилхолинэстеразы в молоке составила 7,95 ммоль/мл.

Таким образом, результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что из двух гидролитических ферментов наибольшую удельную активность показывает ацетилхолинэстераза в сравнении с бутирилхолинэстеразой как в водной среде, так и в молоке. В водном растворе удельная активность ацетилхолинэстеразы составило 5,8 ммоль/мл, в молоке же 11 ммоль/мл. В свою очередь удельная активность бутирилхолинэстеразы в водном растворе составило 6,0 ммоль/мл, а в молоке 7,9 ммоль/мл.

Как видно из анализа результатов экспериментальных исследований для разработки тест-систем нами выбрана ацетилхолинэстераза, как гидролитический фермент с наиболее высокой удельной активностью, и соответственно, проявляющий высокую чувствительность к ингибирующим свойствам карбофоса в молоке.

Обсуждение научных результатов

Как известно на процесс получения биосенсорной тест-системы влияют такие показатели, как количество фермента, pH буферного раствора, температура и время ингибирования. На основе анализа теоретических исследований установлено, что при построении тест-системы оптимальным количеством фермента ацетилхолинэстеразы является 0,2 мг; pH буферного раствора – 8,4; температура термостатирования – 37°C и время ингибирования 30 минут [3]. В связи с этим в данной работе при получении биосенсорной тест-системы были применены именно эти параметры, которые были использованы при исследовании объектов окружающей среды.

На основании вышеизложенного необходимо отметить, что при проведении экспериментальных исследований по обнаружению содержания фосфорорганического пестицида в молоке были применены вышеуказанные параметры создания биосенсорной тест-системы, при этом для обнаружения карбофоса в молоке при данных параметрах нами выбран гидролитический фермент ацетилхолинэстераза.

Заключение

Как известно на процесс получения биосенсорной тест-системы влияют такие показатели, как количество фермента, pH буферного раствора, температура и время ингибирования. На основе анализа теоретических исследований установлено, что при построении тест-системы оптимальным количеством фермента ацетилхолинэстеразы является 0,2 мг; pH буферного раствора – 8,4; температура термостатирования – 37°C и время ингибирования 30 минут [1].

На основании вышеизложенного необходимо отметить, что при проведении экспериментальных исследований по обнаружению содержания фосфорорганического пестицида в молоке были применены вышеуказанные параметры создания биосенсорной тест-системы, при этом для обнаружения карбофоса в молоке при данных параметрах нами выбран гидролитический фермент ацетилхолинэстераза.

Список литературы

1. Лягин И.В. Ферментные биосенсоры для определения пестицидов / И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко, С.Д. Варфоломеев // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 339-355.
2. Будников Г.К. Экспресс-тестовые методы определения ингибиторов гидролитических ферментов с помощью электрохимических биосенсоров / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин // Рос. хим. журнал им. Д.И. Менделеева. – 2001. – Т. 14, № 4. – С. 86-94.
3. Филиппова А.М. Разработка технологии формирования биосенсорных тест-систем на основе композиционных материалов: автореф. ... канд. биол. наук: 03.01.06. – Ставрополь, 2013. – 20 с.
4. Утегенова А.О. Разработка биометрических методов определения ксенобиотиков в молоке: PhD: 6D073500: защищена 25.11.2022 / Утегенова Асия Оразбековна. – Семей, 2022. – С. 42-50.
5. Особенности функционирования и практического применения биосенсоров на основе фермента холинэстеразы / А.О. Утегенова и др. // Матер. междунар. науч.-практ. конф., посв. памяти В.М. Горбатова. – Семей, 2018. – С. 271-273.
6. Имбиллизацияланған ферментпен тест-жүйесін дайындау үшін ацетилхолинэстераза ферментінің меншікті белсенділігін зерттеу / А.О. Утегенова және т.б. // Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің Хабаршысы. – 2020. – № 2(90). – Б. 176-179.
7. Лягин И.В. Ферментные биосенсоры для определения пестицидов / И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко, С.Д. Варфоломеев // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 339-355.
8. Петров К.А. Холинэстеразы: взгляд нейрофизиолога / К.А. Петров, А.Д. Харламова, Е.Е. Никольский // Гены и клетки. – 2014. – Т. 9, № 3. – С. 160-167.
9. Biosensors for Pesticide Detection: New Trends / A. Sassolas et al // American Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 3. – P. 210-232.
10. Биосенсоры для осуществления мероприятий экологического мониторинга: классификация и особенности разработки / Д.Л. Поклонский и др. // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 4. – С. 12-19.
11. Биосенсоры как средство мониторинга объектов окружающей среды на содержание фосфорорганических соединений нервно-паралитического действия / Э.Т. Гайнуллина и др. // Журнал аналитической химии. – 2015. – Т. 70, № 7. – С. 675-685.
12. Сазыкина М.А. Использование биосенсоров для детекции антропогенного загрязнения природных вод / М.А. Сазыкина, Е.А. Мирина, И.С. Сазыкин // Вода: химия и экология. – 2015. – № 10(88). – С. 64-74.

References

1. Lyagin I.V. Fermentnye biosensory dlya opredeleniya pestitsidov / I.V. Lyagin, E.N. Efremenko, S.D. Varfolomeev // Uspekhi khimii. – 2017. – T. 86, № 4. – S. 339-355. (In Russian).
2. Budnikov G.K. Ehkspress-testovye metody opredeleniya ingibitorov gidroliticheskikh fermentov s pomoshch'yu ehlektrokhimicheskikh biosensorov / G.K. Budnikov, G.A. Evtyugin // Ros. khim. zhurnal im. D.I. Menedeleeva. – 2001. – T. 14, № 4. – S. 86-94. (In Russian).
3. Filippova A.M. Razrabotka tekhnologii formirovaniya biosensornykh test-sistem na osnove kompozitsionnykh materialov: avtoref. ... kand. biol. nauk: 03.01.06. – Stavropol', 2013. – 20 s. (In Russian).
4. Utegenova A.O. Razrabotka biometricheskikh metodov opredeleniya ksenobiotikov v moloke: PhD: 6D073500: zashchishchena 25.11.2022 / Utegenova Asiya Orazbekovna. – Semei, 2022. – S. 42-50. (In Russian).
5. Osobennosti funktsionirovaniya i prakticheskogo primeneniya biosensorov na osnove fermenta kholinesterazy / A.O. Utegenova i dr. // Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posv. pamyati V.M. Gorbatoва. – Semei, 2018. – S. 271-273. (In Russian).
6. Imbilizatsiyalanған fermentpen test-zhүйesin daiyndau үshin atsetitikholinesteraza fermentiniң menshikti belsendiligini zertteu / A.O. Utegenova zhәне t.b. // Semei қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің Хабаршысы. – 2020. – № 2(90). – Б. 176-179. (In Russian).
7. Lyagin I.V. Fermentnye biosensory dlya opredeleniya pestitsidov / I.V. Lyagin, E.N. Efremenko, S.D. Varfolomeev // Uspekhi khimii. – 2017. – T. 86, № 4. – S. 339-355. (In Russian).
8. Petrov K.A. Kholinesterazy: vzglyad neirofiziologa / K.A. Petrov, A.D. Kharlamova, E.E. Nikol'skii // Geny i kletki. – 2014. – T. 9, № 3. – S. 160-167. (In Russian).

9. Biosensors for Pesticide Detection: New Trends / A. Sassolas et al // American Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 3. – P. 210-232. (In English).
10. Biosensory dlya osushchestvleniya meropriyatii ehkologicheskogo monitoringa: klassifikatsiya i osobennosti razrabotki / D.L. Poklonskii i dr. // Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya. – 2017. – № 4. – S. 12-19. (In Russian).
11. Biosensory kak sredstvo monitoringa ob"ektov okruzhayushchei sredy na sodержanie fosfororganicheskikh soedinenii nervno-paraliticheskogo deistviya / E.H.T. Gainullina i dr. // Zhurnal analiticheskoi khimii. – 2015. – T. 70, № 7. – S. 675-685. (In Russian).
12. Sazykina M.A. Ispol'zovanie biosensorov dlya detektsii antropogennogo zagryazneniya prirodnykh vod / M.A. Sazykina, E.A. Mirina, I.S. Sazykin // Voda: khimiya i ehkologiya. – 2015. – № 10(88). – S. 64-74. (In Russian).

А.О. Утегенова*, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, Б.М. Кулуштаева, Ж.Б. Асиржанова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: asia_aksu@mail.ru

АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАУІПСІЗДІГІН АНЫҚТАУ ҮШІН ФЕРМЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Азық-түлік өндірісінде ферменттерді қауіпсіз қолдану Мақалада ацетилхолинэстераза ферментінің меншікті белсенділігін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Қоршаған орта объектілерінде фосфорорганикалық пестицидтерді анықтаудың биосенсорлық сынақ жүйелерін құру кезінде ферменттерді иммобилизациялау үшін зерттеушілер негізінен гидролазалар класындағы ферменттерді, атап айтқанда ацетилхолинэстеразаны немесе бутирилхолинэстеразаны биокатализатор ретінде пайдаланды. Сынақ жүйесін әзірлеу кезінде ферментті таңдауды негіздеу үшін екі гидролитикалық ферменттердің: ацетилхолинэстераза мен бутирилхолинэстеразаның меншікті белсенділігін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Бұл жұмыста теориялық және эксперименттік зерттеулер қолданылды. Эксперименттік зерттеулер зерттеу объектілерінің қауіпсіздігінің физика-химиялық, органолептикалық, реологиялық, гигиеналық көрсеткіштерін, сондай-ақ ферменттердің меншікті белсенділігін зерттеудің жалпы қабылданған, өзгертілген және стандартты әдістері негізінде жүргізілді. Сүт күрделі полидисперсті жүйе болғандықтан, меншікті белсенділігі жоғары ферментті таңдау маңызды фактор болып табылады. Әдеби дереккөздерге сәйкес гидролитикалық ферменттер (ацетилхолинэстеразалар және бутирилхолинэстеразалар) карбофостың ингибиторлық қасиеттеріне жоғары сезімталдыққа ие, бұл ферменттің меншікті белсенділігінің төмендеуінде көрінеді. Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері екі гидролитикалық ферменттердің ішінде ацетилхолинэстераза сулы ортада да, сүтте де бутирилхолинэстеразамен салыстырғанда ең үлкен белсенділікті көрсететінін көрсетті.

Түйін сөздер: пестицидтер, сүт, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза, биосенсор, фермент, иммобилизация.

A.O. Utegenova*, A.S. Kambarova, Zh.M. Atambaeva, B.M. Kulushtaeva, Zh.B. Assirzhanova

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street.

*e-mail: asia_aksu@mail.ru

USE OF ENZYMES FOR DETERMINATION OF FOOD SAFETY

The article presents the results of the study of determination of specific activity of acetylcholinesterase enzyme. For the immobilisation of enzymes in the development of biosensor test systems for the determination of phosphorus-organic pesticides in environmental objects the researchers used mainly enzymes from the class of hydrolases, namely, acetylcholinesterase or butyrylcholinesterase, as a biocatalyst. To justify the choice of enzyme in the development of the test system, studies were carried out to determine the specific activity of two hydrolytic enzymes: acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase.

The paper applied theoretical and experimental studies. Experimental studies were carried out on the basis of generally accepted, modified and standard research methods of physicochemical, organoleptic, rheological, hygienic safety indicators of research objects, as well as specific activity of enzymes.

Since milk is a complex polydisperse system, an important factor is the choice of an enzyme with higher specific activity. According to literature sources, hydrolytic enzymes (acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase) are highly sensitive to the inhibitory properties of carbophos, which is manifested by a decrease in the specific activity of the enzyme.

The results of experimental studies showed that of the two hydrolytic enzymes acetylcholinesterase shows the highest specific activity in comparison with butyrylcholinesterase both in aqueous medium and in milk.

Key words: pesticides, milk, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, biosensor, enzyme, immobilisation.

Сведения об авторах

Асия Оразбековна Утегенова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Ботакоз Манарбековна Кулустаева – PhD, ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Жанна Баимбековна Асиржанова – кандидат технических наук кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

Авторлар туралы мәліметтер

Асия Оразбековна Утегенова* – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Ботакоз Манарбековна Кулустаева – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Жанна Баимбековна Асиржанова – «Тамақ технологиясы» кафедрасының техника ғылымдарының кандидаты; Шәкәрім атындағы отбасы қаласы Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

Information about the authors

Assiya Orazbekovna Utegenova* – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Arai Saginbekovna Kambarova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Zhibek Manapovna Atambayeva – Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Botakoz Manarbekovna Kulushtaeva – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Zhanna Baimbekovna Assirzhanova – Candidate of Technical Sciences Department of Food Technologies; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

*Поступила в редакцию 30.10.2024
Поступила после доработки 24.12.2024
Принята к публикации 25.12.2024*

**Ж. Қалибекқызы¹, Ш.К. Жакупбекова^{1*}, М.Б. Ребезов², Ф.Х. Смольникова¹,
А.О. Майжанова¹**

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

109316, Россия, Москва, ул. Талалихина, 26²

*e-mail: siyanie__88@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КУРТА

Аннотация: *Вопрос увеличения использования белка в производстве пищевых продуктов является одним из актуальных направлений на современном этапе развития общества, в связи с этим разработка новых технологий национального продукта курта является одним из решений. При исследовании продовольственной сельскохозяйственной продукции используют органолептические, физико-химические, радиологические, микробиологические, паразитологические методы. Система показателей, полученных в результате исследований, позволяет судить о пищевой ценности, потребительских свойствах и безопасности для человеческого организма оцениваемой продукции.*

В данной статье проведены исследования по оценке качества цельного молока для производства курта по химическому составу и показателям пищевой безопасности.

Для проведения исследований использовались стандартные методы. Экспериментальная часть исследований была проведена в лаборатории «Национального центра экспертизы и сертификации» г. Семей и в лаборатории ТОО «Нутритест».

Результаты исследований показали, что цельное молоко крестьянских хозяйств к/х «Калиханұлы», к/х «Мұқажан», к/х «Звезда» соответствует нормам технического регламента. В нем не были обнаружены вещества в превышающих нормируемые показатели.

Для производства продукта очень важным показателем является его выход, так как, курт является белковым продуктом, то для его производства важно соотношение жира и белка, результаты показали, что в данном случае лучшим для его производства является молоко хозяйства к/х «Мұқажан».

Ключевые слова: курт, микотоксины, дрожжи, микробиологические показатели, токсичные элементы, пищевая безопасность, радионуклиды, пестициды.

Корт (синонимы: корт, курт, курут) – является традиционным сухим кисломолочным продуктом кочевых народов Центральной Азии. В настоящее время он востребован в национальной кухне многих народов мира, особенно тюркской и монгольской (Азербайджанской, башкирской, бурятской, казахской, калмыцкой, Киргизской, татарской, турецкой, узбекской) [1].

Проведены различные научно-исследовательские разработки по созданию технологии курта.

Для разработки нового продукта были добавлены нежирный творог, поваренная соль, молочная сыворотка, ламинария в процентном соотношении: творог 95-96, поваренная соль 2-3, молочная сыворотка 3-4, ламинария 0,5 гр. Пастеризацию проводили при температуре 60-65°C, ламинарию вводили в количестве 0,3-0,5%. Смесь ферментировали при температуре 38-40°C, продолжительностью 4-5 часов. Готовый продукт имел умеренно вязкий, вкус и аромат [2].

Был предложен состав для приготовления курта из козьего молока со следующими компонентами: цельное козье молоко 3,2 % (козы аборигенов), обезжиренное коровье молоко, дрожжи, фермент, сухая сырная сыворотка, поваренная соль, сад «Йодактив» [3].

Целесообразность использования злаков и хлорида кальция при производстве курта теоретически обоснована и подтверждена экспериментально, в результате совместной коагуляции фосфатного комплекса казеината кальция и сывороточных белков повышается физиологическая и биологическая ценность кисломолочного продукта за счет злаков [4].

В исследовательской работе осуществлялось совершенствование рецептуры курта с добавлением таких трав, как базилик, мята, добавлением красного перца, свеклы, риса [5].

Был разработан курт в котором молоко ферментировали в течение 6-8 часов, нагревали до температуры 60°C в течение 30-40 минут, массу прессовали и солили в течение 2-3 часов, сушили при температуре 35-40°C в течение 5 часов.

При приготовлении смесей курта 5 г соли, 5 грамм тыквы, остальное молочная смесь или 5 г сухого измельченного чеснока и 5 г соли [6].

В Санкт-Петербурге разработана технология курта, сохраняющая традиционный вкус и приятный вкус введенных наполнителей. В качестве основного сырья были выбраны цельное молоко и пахта, SVL-1, закваска «MARINO». В качестве биологически активной добавки-были выбраны мелко нарезанные травы (майоран и базилик), собранные в горных районах Таджикистана. Заквасочные культуры – *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp.*, *Lactobacillus bulgaricus* [7].

Анализ научно-технической информации позволяет сделать вывод, что новые виды рецептов курта отличаются от традиционного введения специй, трав или овощных смесей.

В производстве курта важной задачей является его пищевая безопасность готового продукта, которая зависит от различных факторов.

В результате потребления загрязнённой пищи, во всем мире заболевают более 550 миллионов человек и случается до 230 000 смертей ежегодно [8].

Безопасность пищевых продуктов подвергается сомнению из-за глобальных масштабов цепочек поставок продовольствия [9-11]. Продукты питания на международном рынке могут быть фальсифицированы, поскольку различные стороны, такие, как производители, соупаковщики, дистрибьюторы и другие звенья цепочки распределения, вовлечены в национальную или международную торговлю [12-14]. Цепочки поставок продовольствия в настоящее время пересекают множество национальных границ, что увеличивает интернационализацию рисков для здоровья [15-17].

На предприятиях загрязнение пищевых продуктов сильно зависит от качества сырья, процессов обработки, упаковки, транспортировки и хранения. Нежелательные соединения, которые образуются в пищевых продуктах во время выпечки, обжаривания, консервирования, нагревания, ферментации или гидролиза, являются загрязнителями, образующимися при обработке пищевых продуктов [18-22].

Анализ исследуемой литературы показывает, что для производства курта необходимо обеспечить безопасность сырья.

Поэтому одной из задач данного исследования являлось изучение пищевой безопасности молочного сырья.

Условия и методы исследования

Для проведения исследований использовалась лаборатория «Национального центра экспертизы и сертификации» г. Семей и лаборатория ТОО «Нутритест». Все исследования проводились в 3-х кратной повторности. Все экспериментальные исследования были проведены в 3 –х кратной повторности и в дальнейшем обработаны, все данные будут проанализированы с помощью SPSS 21.0 (SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, США), в дальнейшем это выражается, как среднее значение \pm стандартное отклонение. Статистическая значимость будет установлена при $P \leq 0,05$.

Исследования по микробиологии осуществляли по методикам: Бактерии *Listeria monocytogenes* исследовали по ГОСТ ISO 11290-1-2022 [23]. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФНМ) по ГОСТ 10444.15-94 [24]. Дрожжи и плесневые грибы были определены по ГОСТ 33566-2015 [25]. Сальмонеллы по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) [26]. Кишечную палочку по ГОСТ 31747-2012 [27]. *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 30347-2016 [28].

Антибиотики были определены с помощью методик: ГОСТ 33526-2015 [29], тетрациклиновая группа по ГОСТ 31694-2012 [30].

Пестициды определяли по ГОСТ 23452-2015 [31].

Радионуклиды были определены по ГОСТ 32163-2013 [32], ГОСТ 32164-2013 [33], ГОСТ 32161-2013 [34].

Результаты исследования

Для производства курта было использовано следующее сырье: пахта сухая, соевый концентрат, сыворотка сухая, льняной жмых, молоко, закваска мезофильных культур.

Одной из задач исследования являлось изучить показатели качества молочного сырья для производства курта.

В качестве закваски для производства курта была использована закваска для творога «Макс актив», изготовитель ООО «Биопродукт, в состав которой входит консорциум бактерий: чистые культуры микроорганизмов (*Lactococcus lactis* subsp. *diacetilactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*). Данная закваска относится к закваскам прямого внесения.

Показатели качества и технологические свойства закваски представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические свойства закваски для творога «Макс актив»

Наименование показателя	Значение
Время сквашивания	9-12 ч
Температура сквашивания	32-35°C
Количество жизнеспособных микроорганизмов	1x10 ⁹
Кислотность творожного сгустка	85±5 °Т

Одной из задач исследования являлось изучение качества цельного молока, используемого для производства курта, пищевой безопасности цельного молока для производства курта.

Для исследования был проведен забор пробы цельного молока в количестве 1 литра по ГОСТ 26809.1-2014. Молоко для исследования было взято из разных хозяйств: к/х «Калиханұлы», к/х «Мұқажан», к/х «Звезда».

В таблице 2 представлен физико-химический состав молока и его органолептические показатели.

Таблица 2 – Физико-химический состав и органолептические показатели цельного молока

Наименование показателя	к/х «Калиханұлы»	к/х «Мұқажан»	к/х «Звезда»
Массовая доля белка, %	2,5±0,01	3,5±0,01	2,5±0,01
Массовая доля жира, %	3,2±0,02	3,2±0,02	3,2±0,02
Массовая доля углеводов, %	4,7±0,01	4,73±0,01	4,64±0,01
Кислотность, °Т	18±0,01	17±0,01	17±0,01
Плотность молока, кг/дм ³	1027	1027	1028
Степень чистоты, не ниже	I	I	I
Редуктазная проба, количество бактерий в 1 мл	Менее 500 тыс.	Менее 500 тыс.	Менее 500 тыс.
Количество соматических клеток, тыс/см ³ молока	До 300	До 300	До 300
Внешний вид	Непрозрачная жидкость	Непрозрачная жидкость	Непрозрачная жидкость
Консистенция	Жидкая, однородная, нетягучая, слегка вязкая. Без хлопьев, белка и сбившихся комочков жира.	Жидкая, однородная, нетягучая, слегка вязкая. Без хлопьев белка и сбившихся комочков жира	Жидкая однородная, нетягучая, слегка вязкая. Без хлопьев белка и сбившихся комочков жира
Вкус и запах	Характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения	Характерные для молока, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения	Характерное для молока без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом кипячения

Полученные исследования химического состава показывают, что молоко из крестьянского хозяйства к/х «Мұқажан» имело более высокое содержание жира, оно составило 3,5 % и более высокое содержание углеводов, оно составило 4,73 %. Органолептические показатели молока из всех хозяйств были удовлетворительными и соответствовали стандарту по заготавливаемому молоку. Количество соматических клеток в исследуемом молоке устанавливали по времени выливания смеси молока с раствором «Мастоприм» на вискозиметре ВМЛК. Для производства курта, для лучшего образования сгустка и лучшего извлечения белка важно соотношение жира и белка, наиболее лучший результат при соотношении 1,2. Для готового продукта важно, чем больше белка и жира содержится в молоке, тем больше будет выход курта. В данном случае, соотношение жира к белку составило для к/х «Калиханұлы» составило 0,78; к/х «Мұқажан» – 1,0; к/х «Звезда» – 0,78. Наилучшее соотношение было у к/х «Мұқажан».

Цельное молоко было исследовано на показатели безопасности, результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели безопасности цельного молока

Показатели, мг/кг, не более	Норма по регламенту*	к/х «Калиханұлы»	к/х «Мұқажан»	к/х «Звезда»
Токсичные элементы, мг/кг не более				
Свинец	0,1	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Мышьяк	0,1	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Кадмий	0,03	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Ртуть	0,03	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Микотоксины, мг/кг не более				
Афлотоксин, М1	0,0005	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Антибиотики, мг/кг не более				
Левометецин	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Тетрациклиновая группа	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Пестициды, мг/кг не более				
Гексахлорциклогексан (α, β, γ)	0,05	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
ДДТ и его метаболиты	0,05	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Радионуклиды, Бк/кг не более				
Цезий-137	100	4,9	4,9	5,1
Стронций	25	6,2	6,2	6,8
Микробиологические показатели				
КМАФНМ, КОЕ/г в 1 см ³	5x10 ⁵	2x10 ³	1x10 ³	2x10 ³
Salmonella, объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются в 25 г	Не допускаются	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Кишечная палочка БГКП, объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются в 0,01 г	Не допускаются	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Staphylococcus aureus, объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются в 0,1 г	Не допускаются	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Listeria monocytogenes объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются в 25 г	Не допускаются	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

*Технический регламент Таможенного союза "О безопасности молока и молочной продукции" (ТР ТС 033/2013).

Полученные исследования показывают, что токсичные элементы, антибиотики, пестициды, микотоксины не были обнаружены в исследуемом молоке, что говорит о чистоте и благополучности исследуемого сырья.

Исследование радионуклидов показало, что наименьшее содержание цезия было обнаружено к/х «Калиханұлы», к/х «Мұқажан» и составило 4,9 Бк/кг. В к/х «Звезда» содержание цезия было, чуть выше и составило 5,1 Бк/кг. Содержание стронция в молоке было наименьшим в к/х «Калиханұлы», к/х «Мұқажан» и составило 6,2 Бк/кг, а в к/х «Звезда» было выше, чем в других образцах и составило 6,8 Бк/кг. В тоже время количество радионуклидов не превышало норм технического регламента и находилось в пределах допустимого.

Такие показатели, как БГКП, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* не были обнаружены в образцах пищевого продукта.

Исследование КМАФНМ показало, что его содержание во всех трех хозяйствах не превышало норм технического регламента, но было чуть выше в хозяйствах к/х «Калиханұлы», к/х «Звезда» и составило 2×10^3 , в то время как в к/х «Мұқажан» оно составило 1×10^3 .

Обсуждение научных результатов

Для производства продукта очень важным показателем является его выход, так как, курт является белковым продуктом, то для его производство важно соотношение жира и белка, результаты показали, что в данном случае лучшим для его производства является молоко хозяйства к/х «Мұқажан».

Проведённые исследования позволили сделать заключение, что для производства курта молоко всех трех хозяйств соответствовало по физико-химическим показателям требованиям стандарта по заготавливаемому молоку.

Показатели пищевой безопасности не превышали норм технического регламента, что говорит о санитарном благополучии данных хозяйств.

Исследования, проведённые ранее другими учёными показывают, что посторонние примеси в пищевых продуктах вне нормальных дозах представляют угрозу их пищевой безопасности.

Например, остатки пестицидов в продуктах питания и сельскохозяйственных культурах напрямую связаны с нерациональным использованием пестицидов при выращивании сельскохозяйственных культур [35].

Причиной попадания токсичных элементов в почву являются выбросы промышленных предприятий, они не поддаются биологическому разложению, имеют более длительный биологический период полураспада; находясь в почве и попадая в растительное сырье, которое используется для производства продуктов питания, они будут в дальнейшем накапливаться в организме человека, вызывая нарушения и сбои [36].

Следовательно, обеспечение пищевой безопасности сырья является важной стратегией для получения готового продукта с заданными качественными характеристиками и минимальными рисками для здоровья потребителей. Контроль за безопасностью сырья включает мониторинг его происхождения, условий хранения, транспортировки и обработки, а также соответствие санитарно-гигиеническим нормам и требованиям законодательства.

Заключение

Проведённое исследование позволило дать оценку безопасности цельного молока, полученного из различных крестьянских хозяйств в г. Семей, Абайской области.

Был определен химический состав цельного молока, который позволил сделать вывод, что для производства курта предпочтительно использовать молоко к/х «Мұқажан», так как в нем наилучшее соотношение жира и белка, что способствует большему выходу продукта. Физико-химические показатели цельного молока были в норме во всех трёх хозяйствах и соответствовали стандарту заготавливаемого молока согласно ГОСТ 13928-84.

В цельном молоке исследовались показатели пищевой безопасности. Были исследовано содержание санитарно-показательных микроорганизмов, которые находились в пределах норм технического регламента для всех образцов молока из трёх хозяйств.

При исследовании качественного и количественного содержания радионуклидов, токсинов, токсичных элементов, пестицидов было установлено, что их содержание также соответствует нормам безопасности.

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что цельное молоко крестьянских хозяйств «Калиханұлы», к/х «Мұқажан», «Звезда» Абайской области является безопасным и может быть использовано для производства молочных продуктов. Для производства курта было рекомендовано использование молока к/х «Мұқажан».

Список литературы

1. Возможности использования национального кисло-молочного продукта, содержащего кальций, "корот" (корт, курт, курут) для нормализации уровня кальция в крови. метаболизм / Ж.К. Шоманова и др. // Современные биотехнологии. – 2019. – № 3. – С. 222-223.
2. Шерова Г.С. Возрождение национальных кисломолочных продуктов в Южно-Казахстанской области: йогурт с добавлением лами-нарии / Г.С. Шерова, А.А. Сапарбекова, Е.А. Толебаев // КАЗАХСТАН Учредители: Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова». – № 1. – С. 69-74.
3. Туганова Б.С. Разработка и совершенствование технологии про-изводства отечественных молочных и белковых продуктов из молока аборигенных коз / Б.С. Туганова, К.С. Исаева // Мат. Межд. научно-практич. конф., посвященной юбилею заслуженного работника высшего образования Российской Федерации, доктора техниче-ских наук, профессора Гавриловой Наталье Борисовне «Современное состояние, пер-спективы развития сельского хозяйства и производства специализированных продуктов питания». – Омск: Изд-во Омского государственного аграрного университета, 2020. – С. 184-187.
4. Разработка биотехнологии сухого кисломолочного продукта / А.А. Бектурганова и др. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – № 1. – С. 69-75.
5. Айтжанова И.Н. Качественные показатели заго-тавливаемого курта в зависимости от сезона года / И.Н. Айтжанова, Ж.М. Абенова, И.Н. Сычева // Материалы Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 135-летию со дня рождения Академии наук им. В.А. Костякова. – Москва, 2022. – С. 10-12.
6. Мирова Г.М. Разработка аутентичного кисломолочного продукта «курт» с пряно-ароматическими добавками / Г.М. Мирова, Ю.Г. Базарнова // Неделя науки СПбПУ. – 2017. – С. 125-127. World Health Organization (WHO). Food Safety Information Bulletin, June 04, 2019 Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> . Date of request: Au-gust 06, 2019.
7. Uyttendale M. Food safety is a global problem / M. Uyttendale, E. Franz, O. Schluter // In the field of the environment and public health. – 2016. – № 13(1). – P. 67.
8. Atukorala P.S. Food safety issues, trade and WTO rules: the view of developing countries / P.S. Atukorala, S.Jayasuriya // The global economy. – 2003. – № 26(9). – P. 1395-416.
9. Negri S. Food safety and global health: a view of international law / S. Negri // Global health management. – 2009. – № 3(1).
10. Kruse H. Food safety in an international perspective / H. Kruse // J. Life Path. – 2015. – № 10. – P. 105-7.
11. Spink J. District of Columbia. Identification of the public health threat associated with food adulteration / J. Spink, D.K. Moyer // J Food, South Carolina. – 2011. – № 76(9). – P. 157-R63.
12. Van Schothorst M. Assessment of microbiological risk of foodstuffs in international trade / M. Van Schothorst // The science of security. – 2002. – № 40(1-4). – P. 359-82.
13. Mathews H.Jr. International trade in meat/poultry products and food safety issues / H.Jr. Mathews, J. Bernstein, J. Buzzby // International Trade in food safety. – 2003. – AER-828. – P. 48-73.
14. Aung M.M. Chang YUS. Traceability in the food supply chain: perspectives on safety and quality / M.M. Aung // Food control. – 2014. – № 39. – P. 172-84.
15. Wu F. Global impact of aflatoxin contained in corn: trade and human health / F. Wu // Global mycotoxin J. – 2014. – № 8(2). – P. 137-42.
16. Schrenk D. Chemical pollutants of food products / D. Schrenk // Federal Law on Consumer Protec-tion. – 2004. – № 47(9). – P. 841-7.
17. Thompson L.A. Chemical environmental pollutants in food: a review of a global problem / L.A. Thompson, U.S. Darvish // Toxicol. – 2019. – P. 2345283.
18. Palmer S. Chemical pollutants in food / S. Palmer, K.S. Bakshi // Principles and Practice of Envi-ronmental Medicine, chapter 3: Springer. – 1992. – P. 43-58.
19. An approximate assessment of the cumulative effect of organophosphate residues of tea infusion on the human body in China / P. Cao et al // An overview of the state of the environment and health. – 2018. – № 23(1). – P. 7.

20. Prenatal exposure to bisphenol A and phthalates and behavioral problems in preschool children: Hokkaido Environmental and Child Health Study / M. Minatoya et al // *Environmental Health Prev Med.* – 2018. – № 23(1). – P. 43.
21. ГОСТ ISO 11290-1-2022 Пищевые продукты. Методы уничтожения бактерий *Listeria monocytogenes*. Часть 1. Метод определения. Опубликовано 01.09.2017. Стандартиформ, 2017. – 47 с.
22. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения численности мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введен в действие 01.01.1994. – М.: Стандартиформ, 2010. – 311 с.
23. ГОСТ 33566-2015 Молоко и молочные продукты. Определение дрожжевых и плесневых грибов. Введен 07.01.2016. – М.: Стандартиформ, 2015. – 14 с.
24. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Способ удаления бактерий рода *salmonella*. Вступление. 07.01.2013. – М.: Стандартиформ, 2012. – 21 с.
25. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения численности бактерий группы кишечной палочки (колиформных бактерий). Введен. 01.07.2013. – Москва: Стандартиформ, 30.09.2013. – 15 с.
26. ГОСТ 30347-2016. Молоко и молочные продукты. Методы выделения золотистого стафилококка. Введен. 09.01.2017. – М.: Стандартиформ, 2016. – 14 с.
27. ГОСТ 33526-2015 Молоко и продукты его переработки. Метод определения содержания антибиотиков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Москва: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
28. ГОСТ 31694-2012 Продукты пищевые, пищевое сырье. Способ определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы с использованием высоко-эффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. – Москва: Стандартиформ, 2013.– 20 с.
29. ГОСТ 23452-2015 Молоко и молочные продукты. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов. Введен. 01.07.2016. – М.: Стандартиформ, 2016. – 11 с.
30. ГОСТ 32163-2013 Пищевые продукты. Метод определения скорости вращения Sr-90. Введен. 01.07.2014 г. – М.: Стандартиформ, 2019. – 11 с.
31. ГОСТ 321-62013 Продукты пищевые. Способ отбора проб для сравнения с Sr-90 и Cs-137. Вступление. 07.01.2014. – М.: Стандартиформ, 2013. – 19 с.
32. ГОСТ 32161-2013 Пищевые продукты. Метод представления по стандарту Cs-137. Введен. 07.01.2014. – М.: Стандартиформ, 2019. – 19 с.
33. Grewal A.S. Pesticide residues in food grains, vegetables and fruits: a danger to human health / A.S. Grewal, A. Singla, P. Kamboj, J.S. Dua, // *Journal of Medicinal Chemistry and Toxicology.* – . – vol. 2, № 1. – P. 1-7.
34. Elbagermi M.A. Monitoring of heavy metal content in fruits and vegetables harvested in production and markets in the Misrata region of Libya / M.A. Elbagermi, H.G. Edwards, A.I. Alaital // *Inter-national Scientific Research.* – article ID827645. – 2012.

References

1. Vozmozhnosti ispol'zovaniya natsional'nogo kislomolochnogo produkta, soderzhashchego kal'tsii, "korot" (kort, kurt, kurut) dlya normalizatsii urovnya kal'tsiya v krovi. metabolizm / ZH.K. Shomanova i dr. // *Sovremennye biotekhnologii.* – 2019. – № 3. – S. 222-223. (In Russian).
2. Sherova G.S. Vozrozhdenie natsional'nykh kislomolochnykh produktov v Yuzhno-Kazakhstanskoi oblasti: iogurt s dobavleniem lami-narii / G.S. Sherova, A.A. Sapparbekova, E.A. Tolebaev // *KAZAKHSTAN Uchrediteli: Respublikanskoe gosudarstvennoe predpriyatie na prave khozyaistvennogo vedeniya «Yuzhno-Kazakhstanskii gosudarstvennyi universitet imeni M. Auehzova».* – № 1. – S. 69-74. (In Russian).
3. Tuganova B.S. Razrabotka i sovershenstvovanie tekhnologii pro-izvodstva otechestvennykh molochnykh i belkovykh produktov iz moloka aborigennykh koz / B.S. Tuganova, K.S. Isaeva // *Mat. Mezhd. nauchno-praktich. konf., posvyashchennoi yubileyu zasluzhennogo rabotnika vysshego obrazovaniya Rossiiskoi Federatsii, doktora tekhnicheskikh nauk, professora Gavrilovoi Natal'e Borisovne «Sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaistva i proizvodstva spetsializirovannykh produktov pitaniya».* – Omsk: Izd-vo Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020. – S. 184-187. (In Russian).

4. Razrabotka biotekhnologii sukhogo kislomolochnogo produkta / A.A. Bekturganova i dr. // Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov. – 2014. – № 1. – S. 69-75. (In Russian).
5. Aitzhanova I.N. Kachestvennye pokazateli zago-tavlivaemogo kurta v zavisimosti ot sezona goda / I.N. Aitzhanova, ZH.M. Abenova, I.N. Sycheva // Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoi 135-letiyu so dnya rozhdeniya Akademii nauk im. V.A. Kostyakova. – Moskva, 2022. – S. 10-12. (In Russian).
6. Mirova G.M. Razrabotka autentichnogo kislomolochnogo produkta «kurT» s pryano-aromaticeskimi dobavkami / G.M. Mirova, YU.G. Bazarnova // Nedelya nauki SPBPU. – 2017. – S. 125-127. World Health Organization (WHO). Food Safety Information Bulletin, June 04, 2019 Available at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Date of request: August 06, 2019. (In Russian).
7. Uyttendale M. Food safety is a global problem / M. Uyttendale, E. Franz, O. Schluter // In the field of the environment and public health. – 2016. – № 13(1). – R. 67. (In English).
8. Atukorala P.S. Food safety issues, trade and WTO rules: the view of developing countries / P.S. Atukorala, S.Jayasuriya // The global economy. – 2003. – № 26(9). – P. 1395-416. (In English).
9. Negri S. Food safety and global health: a view of international law / S. Negri // Global health management. – 2009. – № 3(1). (In English).
10. Kruse H. Food safety in an international perspective / H. Kruse // J. Life Path. – 2015. – № 10. – R. 105-7. (In English).
11. Spink J. District of Columbia. Identification of the public health threat associated with food adulteration / J. Spink, D.K. Moyer // J Food, South Carolina. – 2011. – № 76(9). – R. 157-R63. (In English).
12. Van Schothorst M. Assessment of microbiological risk of foodstuffs in international trade / M. Van Schothorst // The science of security. – 2002. – № 40(1-4). – R. 359-82. (In English).
13. Mathews H.Jr. International trade in meat/poultry products and food safety issues / H.Jr. Mathews, J. Bernstein, J. Buzzby // International Trade in food safety. – 2003. – AER-828. – R. 48-73. (In English).
14. Aung M.M. Chang YUS. Traceability in the food supply chain: perspectives on safety and quality / M.M. Aung // Food control. – 2014. – № 39. – R. 172-84. (In English).
15. Wu F. Global impact of aflatoxin contained in corn: trade and human health / F. Wu // Global mycotoxin J. – 2014. – № 8(2). – R. 137-42. (In English).
16. Schrenk D. Chemical pollutants of food products / D. Schrenk // Federal Law on Consumer Protection. – 2004. – № 47(9). – R. 841-7. (In English).
17. Thompson L.A. Chemical environmental pollutants in food: a review of a global problem / L.A. Thompson, U.S. Darvish // Toxicol. – 2019. – R. 2345283. (In English).
18. Palmer S. Chemical pollutants in food / S. Palmer, K.S. Bakshi // Principles and Practice of Environmental Medicine, chapter 3: Springer. – 1992. – R. 43-58. (In English).
19. An approximate assessment of the cumulative effect of organophosphate residues of tea infusion on the human body in China / R. Cao et al // An overview of the state of the environment and health. – 2018. – № 23(1). – R. 7. (In English).
20. Prenatal exposure to bisphenol A and phthalates and behavioral problems in preschool children: Hokkaido Environmental and Child Health Study / M. Minatoya et al // Environmental Health Prev Med. – 2018. – № 23(1). – R. 43. (In English).
21. GOST ISO 11290-1-2022 Pishchevye produkty. Metody unichtozheniya bakterii Listeria monocytogenes. Chast' 1. Metod opredeleniya. Opublikovano 01.09.2017. Standartinform, 2017. – 47 s. (In Russian).
22. GOST 10444.15-94 Produkty pishchevye. Metody opredeleniya chislennosti mezofil'nykh aehrobnykh i fakul'tativno-anaehrobnykh mikroorganizmov. Vveden v dei-stvie 01.01.1994. – M.: Standartinform, 2010. – 311 s. (In Russian).
23. GOST 33566-2015 Moloko i molochnye produkty. Opredelenie drozhzhevykh i plesnevykh gribov. Vveden 07.01.2016. – M.: Standartinform, 2015. – 14 s. (In Russian).
24. GOST 31659-2012 Produkty pishchevye. Sposob udaleniya bakterii roda salmonella. Vstuplenie. 07.01.2013. – M.: Standartinform, 2012. – 21 s. (In Russian).
25. GOST 31747-2012 Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya chislennosti bakterii gruppy kishhechnoi palochki (koliformnykh bakterii). Vveden. 01.07.2013. – Moskva: Standartinform, 30.09.2013. – 15 s. (In Russian).

26. GOST 30347-2016. Moloko i molochnye produkty. Metody vydeleniya zoloti-stogo stafilokokka. Vveden. 09.01.2017. – M.: Standartinform, 2016. – 14 s. (In Russian).
27. GOST 33526-2015 Moloko i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya sodержaniya antibiotikov metodom vysokoeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii. – Moskva: Standartinform, 2016. – 16 s. (In Russian).
28. GOST 31694-2012 Produkty pishchevye, pishchevoe syr'e. Sposob opredeleniya ostatochnogo sodержaniya antibiotikov tetratsiklinovoi gruppy s ispol'zovaniem vyso-koeffektivnoi zhidkostnoi khromatografii s mass-spektrmetricheskimi detektorom. – Moskva: Standartinform, 2013.– 20 s. (In Russian).
29. GOST 23452-2015 Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya ostatochnykh kolichestv khlorganicheskikh pestitsidov. Vveden. 01.07.2016. – M.: Standartinform, 2016. – 11 s. (In Russian).
30. GOST 32163-2013 Pishchevye produkty. Metod opredeleniya skorosti vrashcheniya Sr-90. Vveden. 01.07.2014 g. – M.: Standartinform, 2019. – 11 s. (In Russian).
31. GOST 321-62013 Produkty pishchevye. Sposob otbora prob dlya srav-neniya s Sr-90 i Cs-137. Vstuplenie. 07.01.2014. – M.: Standartinform, 2013. – 19 s. (In Russian).
32. GOST 32161-2013 Pishchevye produkty. Metod predstavleniya po standartu Cs-137. Vveden. 07.01.2014. – M.: Standartinform, 2019. – 19 s. (In Russian).
33. Grewal A.S. Pesticide residues in food grains, vegetables and fruits: a danger to human health / A.S. Grewal, A. Singla, P. Kamboj, J.S. Dua, // Journal of Medicinal Chemistry and Toxicology. – vol. 2, № 1. – R. 1-7. (In English).
34. Elbagermi M.A. Monitoring of heavy metal content in fruits and vegetables harvested in production and markets in the Misrata region of Libya / M.A. Elbagermi, H.G. Edwards, A.I. Alaital // Inter-national Scientific Research. – article ID827645. – 2012. (In English).

Информация о финансировании

Данное исследование выполнено в рамках грантового финансирования по теме АР23486449 «Пищевая безопасность в производстве национального кисломолочного продукта «Курт» из вторичного молочного сырья с пролонгированным сроком хранения» финансируемой Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

Ж. Қалибекқызы¹, Ш.К. Жакупбекова^{1*}, М.Б. Ребезов², Ф.Х. Смольникова¹, А.О. Майжанова¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²В.М. Горбатов атындағы РГА Азық-түлік жүйелері жөніндегі федералды ғылыми орталығы
109316, Ресей, Мәскеу, Талалихин к-сі, 26

*e-mail: siyanie__88@mail.ru

ҚҰРТ ӨНДІРУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ТҰТАС СҮТТІҢ САПАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН, ТАҒАМДЫҚ ҚАУІПСІЗДІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Тамақ өнімдерін өндіруде ақуызды пайдалануды арттыру мәселесі қоғам дамуының қазіргі кезеңіндегі өзекті бағыттардың бірі болып табылады, осыған байланысты құрт ұлттық өнімінің жаңа технологияларын әзірлеу шешімдердің бірі болып табылады. Азық-түлік ауылшаруашылық өнімдерін зерттеу кезінде органолептикалық, физика-химиялық, радиологиялық, микробиологиялық, паразитологиялық әдістер қолданылады. Зерттеулер нәтижесінде алынған көрсеткіштер жүйесі бағаланатын өнімнің адам ағзасы үшін тағамдық құндылығын, тұтынушылық қасиеттері мен қауіпсіздігін бағалауға мүмкіндік береді.

Бұл мақалада химиялық құрамы мен азық-түлік қауіпсіздігі көрсеткіштері бойынша құрт өндірісі үшін тұтас сүттің сапасын бағалау бойынша зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу жүргізу үшін стандартты әдістер қолданылды. Зерттеудің эксперименттік бөлігі Семей қаласының «Ұлттық сараптама және сертификаттау орталығының» зертханасында және «Нутритест» ЖШС-де жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, «Қалиханұлы» ш/қ, «Мұқажан» ш/қ, «Звезда» ш/қ шаруа қожалықтарының тұтас сүті техникалық регламент нормаларына сәйкес келеді. Онда нормаланған көрсеткіштерден асатын заттар табылған жоқ.

Өнімді өндіру үшін оның шығымдылығы өте маңызды көрсеткіш болып табылады, өйткені құрт ақуыз өнімі болып табылады, оны өндіру үшін май мен ақуыздың арақатынасы маңызды, нәтижелер көрсеткіштеріне сүйенсек, бұл жағдайда құртты өндіру үшін «Мұқажан» қожа шаруашылығының сүті ең жақсы болып табылады.

Түйінді сөздер: құрт, микотоксиндер, ашытқылар, микробиологиялық көрсеткіштер, улы элементтер, тамақ қауіпсіздігі, радионуклидтер, пестицидтер.

Zh. Kalibekkyzy¹, S.K. Zhakupbekova^{1*}, M.B. Rebezov², F.H. Smolnikova¹, A.O. Maizhanova¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

²V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Science

109316, Russia, Moscow, Talalikhina str., 26

*e-mail: siyanie__88@mail.ru

RESEARCH OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS, INDICATORS OF FOOD SAFETY OF WHOLE MILK USED FOR THE PRODUCTION OF KURT

The issue of increasing the use of protein in food production is one of the urgent directions at the present stage of society's development, and therefore the development of new technologies for the national product of the kurt is one of the solutions. Organoleptic, physico-chemical, radiological, microbiological, and parasitological methods are used in the study of agricultural food products. The system of indicators obtained as a result of the research makes it possible to judge the nutritional value, consumer properties and safety for the human body of the products being evaluated.

In this article, studies have been conducted to assess the quality of whole milk for the production of kurt by chemical composition and food safety indicators.

Standard methods were used to conduct the research. The experimental part of the research was carried out in the laboratory of the National Center for Expertise and Certification in Semey and in the laboratory of Nutritest LLP.

The research results have shown that the whole milk from the farms of Kalikhanuli, Mukazhan, and Zvezda farms complies with the technical regulations. No substances in excess of the normalized values were found in it.

For the production of a product, its yield is a very important indicator, since yogurt is a protein product, the ratio of fat and protein is important for its production, the results showed that in this case, the milk of the Mukazhan farm is the best for its production.

Key words: *curt, mycotoxins, yeast, microbiological parameters, toxic elements, food safety, radionuclides, pesticides.*

Сведения об авторах

Жанар Қалибекқызы – кандидат биологических наук (PhD), проректор по науке; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Шугыла Кадыровна Жакупбекова* – магистр технических наук, постдокторант кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: siyanie@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

Максим Борисович Ребезов – доктор с/х наук, профессор Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова Российской Академии Наук, Россия; e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Фарида Харисовна Смольникова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Айгуль Омарбековна Майжанова – специалист «Центра организации научных исследований»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жанар Қалибекқызы – биология ғылымдарының кандидаты (PhD), ғылым жөніндегі проректор; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Шугыла Кадыровна Жакупбекова* – техника ғылымдарының магистрі, «Тамақ технологиясы» кафедрасының постдокторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: siyanie@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

Максим Борисович Ребезов – В.М. Горбатов атындағы Ресей Ғылым Академиясының Азық-түлік жүйелері жөніндегі федералды ғылыми орталығының ауыл шаруашылық ғылымдарының докторы, профессор; Ресей, e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Фарида Харисовна Смольникова – техника ғылымдарының кандидаты, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Айгуль Омарбековна Майжанова – техника ғылымдарының магистрі, «Ғылыми зерттеулерді ұйымдастыру орталығының " маманы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

Information about the authors

Zhanar Kalibekkyzy – candidate of biological sciences (PhD), vice-rector for science; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanar_moldabaeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-0646>.

Shugyla Zhakupbekova*- master of technical sciences, postdoctoral fellow of the department «Food Technology»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: siyanie@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871> .

Maksim Rebezov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Russia; e-mail: rebezov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>.

Farida Smolnikova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Food Technology», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smolnikovafarida@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>.

Aigul Maizhanova – master of technical sciences, Specialist of the Center for Scientific Research Organization; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

*Поступила в редакцию 19.02.2025
Поступила после доработки 19.03.2025
Принята к публикации 20.03.2025*

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-41](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-41)

MPHTI: 67.53.21



М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, Ж.Қ. Акишов*, А.Д. Амандинова, В.Е. Карпов
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: timirlan-95@mail.ru

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТЕКЛОПАКЕТОВ НА ОБЩИЕ ТЕПЛОПТЕРИ ЗДАНИЙ

Аннотация: Вопросы эффективного функционирования систем жизнеобеспечения всегда являются актуальными и находят своё отражение в работах ведущих учёных. Рассмотрение возможностей снижения потерь теплоты на всех этапах транспортировки и эксплуатации – это перспективное направление в современных исследованиях. Теплоснабжение относится к энергоёмким процессам, потери теплоты на различных участках неизбежны, поэтому необходимо разрабатывать и совершенствовать мероприятия, которые будут сводить эти потери к минимуму и повышать эффективность использования теплоты. Расчёты потерь теплоты регламентируются нормативными документами. К потерям теплоты в зданиях относятся потери через ограждающие конструкции (стены) и потери через окна. Учитывая, что площадь оконных проёмов значительна, то потери теплоты через окна представляют собой важный параметр, который надо учитывать. В настоящее время возможно использование различных стеклопакетов, которые способствуют улучшению показателей энергосбережения. Так помимо обычных однокамерных и двухкамерных стеклопакетов возможно применение стеклопакетов, заполненных инертным газом. У однокамерных стеклопакетов главное преимущество заключается в том, что это более облегчённая конструкция, заполнение инертным газом требует дополнительных затрат. В работе представлен сравнительный анализ потерь теплоты через оконные проёмы при четырёх различных конструкциях. Рассмотрены теплопотери через ограждающие конструкции. Получены данные по потерям в результате инфильтрации. Показаны суммарные потери теплоты. Представлены аналитические зависимости потерь теплоты от температуры наружного воздуха.

Ключевые слова: тепловые потери, инфильтрация, энергосбережение, температура наружного воздуха.

Введение

К основным инженерным системам на любых объектах промышленного и жилого назначения относятся системы отопления и вентиляции. Ключевая роль в вопросах обеспечения помещений теплом отводится системам отопления, поэтому при их проектировании необходимо учитывать не только потребности в отоплении, но и назначение здания, температурный режим здания и климатические условия. При проектировании и организации работы системы вентиляции необходимо так же принимать во внимание размеры помещения, тепловые потери, энергоэффективность и другие [1-3]. В данное время проводится большое количество исследований, направленное на повышение энергоэффективности зданий, снижение тепловых потерь. Такие исследования становятся всё более актуальными. Предлагаются различные методики, которые дают возможность оценить правильность тех или иных инженерных решений по разрешению вопросов максимального энергосбережения. В решении проблем экономии тепла, возможно, использование программных моделирующих комплексов [4-7].

В Республике Казахстан закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» определяет регулирование в области энергосбережения и

повышения энергоэффективности и определяет мероприятия, направленные на обеспечение энергосбережения [8].

Постановка задачи

Исследования проводились на основании замеров режимных параметров и соответствующих СНиПов [9, 10]. Принималось, что в помещении поддерживается постоянная температура, материал стен – кирпич силикатный полнотелый [11]. Интервал изменения температуры наружного воздуха от минус 35 градусов Цельсия (238 К) до плюс 8 градусов Цельсия (281 К). Применяемые стеклопакеты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды стеклопакетов

Вид стеклопакета	Описание
Однокамерный обычный (1)	Состоит из двух стёкол, между стёклами находится одна воздушная камера. Положительные стороны: небольшой вес, более низкая цена, высокий уровень освещённости. Недостатки: повышенная теплопроводность и очень низкий уровень шумоизоляции [12].
Двухкамерный обычный (2)	Стеклопакет имеет три стекла, между которыми находится две камеры, заполненные воздухом. Положительные стороны: высокий уровень теплоизоляции и шумоизоляции, повышенная прочность. Недостатки: высокий вес, что ограничивает применение [13].
Однокамерный с аргоновым заполнением (3)	Пространство между двумя стёклами заполнено аргоном. Положительные стороны: уменьшение тепловых потерь, повышение теплоизоляции, дополнительная защита от ультрафиолетового излучения, по ключевым свойствам не уступают двухкамерным стеклопакетам с воздухом. Недостатки: функциональность зависит от уровня герметичности [14].
Двухкамерный с аргоновым заполнением (4)	Стеклопакет имеет три стекла, между которыми находится две камеры, заполненные аргоном. Положительные стороны: значительное уменьшение тепловых потерь, повышение теплоизоляции, дополнительная защита от ультрафиолетового излучения. Недостатки: функциональность зависит от уровня герметичности, высокий вес и цена [14].

Целью исследования было установление зависимости тепловых потерь через ограждающие конструкции (стены), через окна, инфильтрации и общих тепловых потерь в зависимости от температуры наружного воздуха при постоянной температуре воздуха в помещении для города Семей.

Результаты исследований

Результаты проведённых исследований показаны на рисунках 1-4.

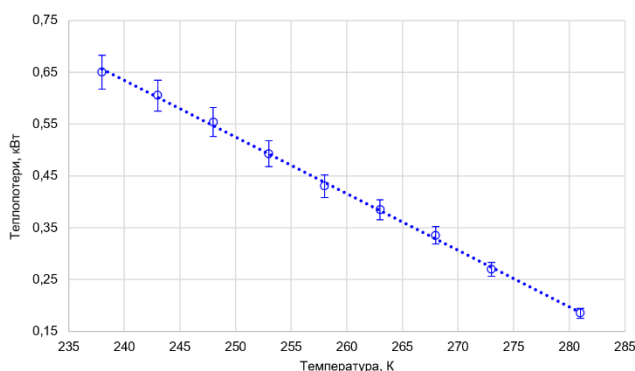


Рисунок 1 – Тепловые потери через стены здания в зависимости от температуры наружного воздуха

В результате математической обработки было получено уравнение, описывающее линейную зависимость тепловых потерь стен $Q_{ст}$, кВт, от температуры:

$$Q_{ст} = -0,0109T + 3,259, \quad (1)$$

где T – температура наружного воздуха, К.

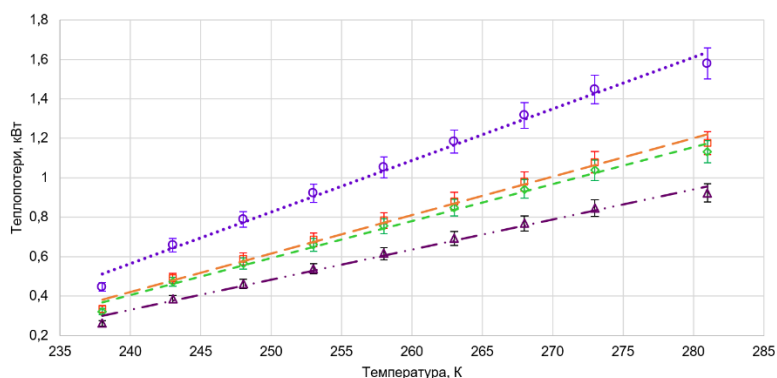


Рисунок 2 – Тепловые потери через окна в зависимости от температуры наружного воздуха

Уравнения, описывающие зависимости теплопотерь через окна $Q_{ок}$, кВт, от температуры наружного воздуха носят линейный характер и имеют следующий вид для стеклопакетов однокамерного обычного, двухкамерного обычного, однокамерного с аргоновым заполнением, двухкамерного с аргоновым заполнением соответственно:

$$Q_{ок1} = 0,0262T - 5,7266, \quad (2)$$

$$Q_{ок2} = 0,0195T - 4,2648, \quad (3)$$

$$Q_{ок3} = 0,0188T - 4,1033, \quad (4)$$

$$Q_{ок4} = 0,0153T - 3,3431. \quad (5)$$

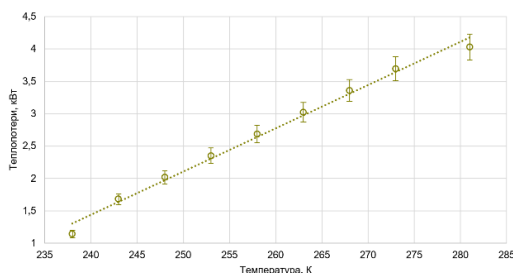


Рисунок 3 – Тепловые потери от инфильтрации в зависимости от температуры наружного воздуха

Потери от инфильтрации $Q_{ин}$, кВт, представлены уравнением:

$$Q_{ин} = 0,0669T - 14,621. \quad (6)$$

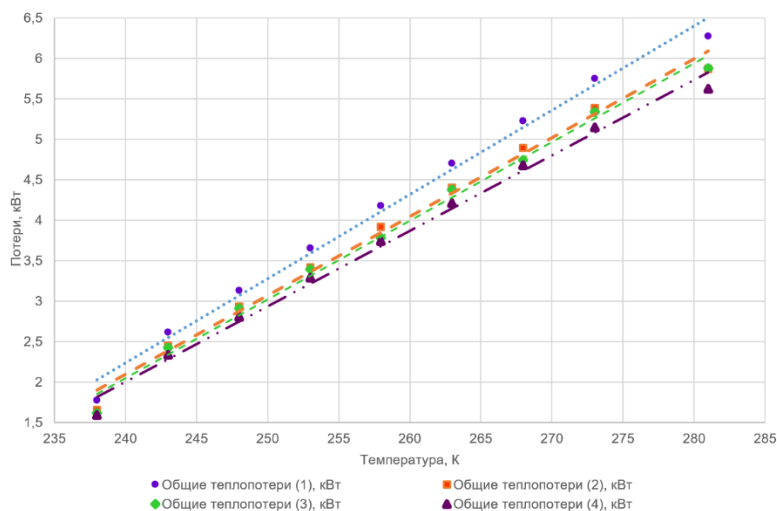


Рисунок 4 – Общие тепловые потери в зависимости от температуры наружного воздуха

Зависимость общих тепловых потерь от температуры наружного воздуха также носит линейный характер для всех рассматриваемых случаев:

$$Q_{оп1} = 0,1041T - 22,747, \quad (7)$$

$$Q_{оп2} = 0,0975T - 21,298, \quad (8)$$

$$Q_{оп3} = 0,0971T - 21,261, \quad (9)$$

$$Q_{оп4} = 0,0932T - 20,354. \quad (10)$$

Выводы

Полученные результаты показали, что тепловые потери через окна отличаются незначительно для двухкамерных обычных стеклопакетов и однокамерных стеклопакетов с аргоновым заполнением, для двухкамерных обычных стеклопакетов эти потери на 4 % больше. При сравнении обычных стеклопакетов однокамерных и двухкамерных потери теплоты через окна у однокамерных на 25,5 % выше. Минимальные потери у двухкамерных стеклопакетов, заполненных аргоном, однако у данных стеклопакетов более высокая стоимость. При рассмотрении общих тепловых потерь разница между первым и четвёртым вариантом составляет 10 %.

Полученные аналитические зависимости дают возможность определить величину потерь в зависимости от температурных условий.

Список литературы

1. Отопление и вентиляция: особенности, разновидности и важные моменты: электронный // АКВАХИТ: URL: <https://akvahit.ru/articles/otoplenie-i-ventilyatsiya-osobennosti-raznovidnosti-i-vazhnye-momenty/?ysclid=m7rk6nhpr8254142084> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Важность проектировки систем отопления в зданиях: электронный // АКВАпроектТЕРМ: URL: <https://akvaterm.kz/a44415-vazhnost-proektirovki-sistem.html?ysclid=m7rkjhksbf109149996> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Шапенкова А.В. Методы и подходы к проектированию эффективных систем отопления и вентиляции в производственных помещениях / А.В. Шапенкова // Молодой ученый. – 2023. – № 47 (494). – С. 37-40. <https://moluch.ru/archive/494/107967/> (дата обращения: 05.02.2025).
4. Budakov A.S. Assessment of the implementation of cross-industry performance indicators of energy saving programs in the life cycle of buildings / A.S. Budakov // Международная торговля и торговая политика. – 2024. – Vol. 10, № 1(37). – P. 178-194. – <https://doi.org/10.21686/2410-7395-2024-1-177-194>. – EDN JOVYMG.
5. Platonova M. The influence of facade insulation on energy saving and energy efficiency of the building / M. Platonova, A. Khazanova, I. Yudina // Студенческий. – 2023. – № 16-7(228). – P. 26-29.
6. Particulate matter source localization in dynamic indoor environments: Bridging simulation-experimentation gaps with a 3D multi-robot system / Hongyi Mao et al // Journal of Hazardous Materials. – 2025. – Vol. 488. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137474>.
7. Pengju Zhang. Research on the spatial distribution of the coupled solar chimney with earth-to-air heat exchanger system performance / Pengju Zhang, Dun Cao, Zhanguo Hao // Thermal Science and Engineering Progress. – 2025. – Vol. 60. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2025.103368>.
8. Об энергосбережении. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541/z120541.htm>
9. Строительная климатология. СП РК 2.04-01-2017.
10. Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП 4.02-01-2011.
11. Компания «Конкрит». <https://konkrit.ru/media/articles/svoystva-i-kharakteristiki-silikatnogo-kirpicha/?ysclid=m7rqzmg64t24792978>
12. Однокамерные стеклопакеты: характеристики, плюсы и минусы. – Текст : электронный // Окна-Стар: <https://www.oknastar.ru/stati/odnokamernye-steklopakety/?ysclid=m7rrs0r0qc344052429> (дата обращения: 28.12.2024).
13. Двухкамерный стеклопакет для пластикового окна: виды, конструкция и отличия. – Текст : электронный // Софос окна: <https://sofos-okna.ru/stati/dvuhkamernyj-steklopaket-plastikovogo-okna-vidy-konstrukciya/?ysclid=m7rrvoazwo923235127> (дата обращения: 20.12.2024).

14. Стеклопакеты с аргонном: свойства, плюсы и минусы. – Текст : электронный // Софос окна: <https://xn----8sbnlaldloi2avn.xn--p1ai/okna/article/steklopakety-s-argonom-svoistva-plusy-minusy/index.html> (дата обращения: 10.12.2024).

М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, Ж.Қ. Акишов*, А.Д. Амандинова, В.Е. Карпов

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

СТЕКЛОПАКЕТТЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛУ ШЫҒЫНДАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕСІ

Өмірді қамтамасыз ету жүйелерінің тиімді жұмыс істеу мәселелері әрқашан өзекті болып табылады және жетекші ғалымдардың еңбектерінде көрініс табады. Тасымалдау мен пайдаланудың барлық кезеңдерінде жылу шығынын азайту мүмкіндіктерін қарастыру қазіргі зерттеулердің перспективалық бағыты болып табылады. Жылумен жабдықтау энергияны көп қажет ететін процестерге жатады, әртүрлі учаскелерде жылу шығындары сөзсіз болады, сондықтан бұл шығындарды барынша азайтып, жылуды пайдалану тиімділігін арттыратын іс-шараларды әзірлеу және жетілдіру қажет. Жылу шығындарының есебі нормативтік құжаттармен реттеледі. Ғимараттардағы жылу шығындарына қоршау конструкциялары (қабырғалар) арқылы шығындар және терезелер арқылы шығындар жатады. Терезе ойықтарының ауданы елеулі екенін ескерсек, терезелер арқылы жылу шығындары ескеру қажет маңызды параметр болып табылады. Қазіргі уақытта энергия үнемдеу көрсеткіштерін жақсартуға ықпал ететін әртүрлі терезе пакеттерін пайдалануға болады. Мәселен, кәдімгі бір камералы және екі камералы терезе пакеттерінен басқа, инертті газбен толтырылған терезе пакеттерін қолдануға болады. Бір камералы терезе пакеттерінің басты артықшылығы - бұл жеңілдетілген конструкция, инертті газбен толтыру қосымша шығындарды талап етеді. Жұмыста төрт түрлі конструкциядағы терезе ойықтары арқылы жылу шығындарының салыстырмалы талдауы ұсынылған. Қоршау конструкциялары арқылы жылу шығындары қарастырылған. Инфльтрация нәтижесіндегі шығындар бойынша деректер алынған. Жылудың жиынтық шығындары көрсетілген. Сыртқы ауа температурасының жылу шығындарына аналитикалық тәуелділіктері ұсынылған.

Түйін сөздер: жылу шығындары, инфльтрация, энергия үнемдеу, сыртқы ауа температурасы.

M.V. Ermolenko, O.A. Stepanova, J.K. Akishov*, A.D. Amandinova, V.E. Karpov

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

ON THE ISSUE OF STUDYING THE INFLUENCE OF STRUCTURAL FEATURES OF DOUBLE-GLAZED WINDOWS ON THE TOTAL HEAT LOSS OF BUILDINGS

Issues of the effective functioning of life support systems are always relevant and are reflected in the works of leading scientists. Consideration of the possibilities of reducing heat loss at all stages of transportation and operation is a promising direction in modern research. Heat supply refers to energy-intensive processes, heat losses in various areas are inevitable, so it is necessary to develop and improve measures that will minimize these losses and increase the efficiency of heat use. Calculations of heat losses are regulated by regulatory documents. Heat losses in buildings include losses through enclosing structures (walls) and losses through windows. Given that the area of window openings is significant, heat losses through windows are an important parameter that must be taken into account. Currently, it is possible to use various double-glazed windows that contribute to improving energy saving indicators. In addition to conventional single-chamber and double-chamber double-glazed windows, it is possible to use double-glazed windows filled with inert gas. The main advantage of single-chamber double-glazed windows is that they have a lighter construction, while filling with inert gas requires additional costs. The paper presents a comparative analysis of heat losses through window openings for four different designs. Heat losses through enclosing structures are considered. Data on losses resulting from infiltration are obtained. The total heat losses are shown. Analytical dependencies of heat losses on the outside air temperature are presented.

Key words: heat losses, infiltration, energy saving, outside air temperature.

Сведения об авторах

Михаил Вячеславович Ермоленко – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Ольга Александровна Степанова – кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Жандос Қайрбекұлы Акишов* – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Аружан Дастановна Амандинова – бакалавр ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: and568420@gmail.com.

Вадим Евгеньевич Карпов – бакалавр ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: vkarпов619@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Михаил Вячеславович Ермоленко – техника ғылымдарының кандидаты, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Ольга Александровна Степанова – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының меңгерушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Жандос Қайрбекұлы Акишов* – «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Аружан Дастановна Амандинова – Жылуэнергетика білім беру бағдарламасының бакалавры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: and568420@gmail.com.

Вадим Евгеньевич Карпов – Жылуэнергетика білім беру бағдарламасының бакалавры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: vkarпов619@gmail.com.

Information about the Authors

Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Olga Alexandrovna Stepanova – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Zhandos Kairbekuly Akishov* – Lecturer, Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Aruzhan Dastanovna Amandinova – Bachelor of Thermal Power Engineering Educational Program; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: and568420@gmail.com.

Vadim Evgenievich Karpov – Bachelor of Thermal Power Engineering Educational Program; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: vkarпов619@gmail.com.

Поступила в редакцию 04.03.2025

Поступила после доработки 06.03.2025

Принята к публикации 12.03.2025



Г.М. Кудайбергенова¹, Р.А. Советбаев^{1*}, Е.З. Нугман²

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к., 20 А

²И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Қаныш Сәтбаев көшесі, 22

*e-mail: gulim88.88@bk.ru

ДАЙЫНДАМАЛАРДЫҢ НАНОҚҰРЫЛЫМДЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚАРҚЫНДЫ ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ ӘДІСТЕРІМЕН ШЕШУ

Аңдатпа: Ультра ұсақ түйіршікті (УҰТ) немесе нано- және субмикросталдық құрылымы бар материалдар өздерінің бірқатар механикалық сипаттамалары (қаттылық және т.б.) бойынша дәстүрлі әдістермен алынатын материалдардан айтарлықтай жоғары, мысалы, құю және қысыммен өңдеу әдістерінен. Сондықтан мұндай қорытпалар (көбінесе алюминий, магний, титан негізіндегі қорытпалар) өнеркәсіп, әсіресе ғарыш, авиация және кеме жасауда тұрақты сұранысқа ие. Өте ұсақ түйіршікті металл құрылымын алудың негізгі әдісі - тең арналы бұрыштық престеу (ТАБП) болып табылады, бұл қарқынды пластикалық деформация (ҚПД) әдістерінің бірі. Бұдан басқа, жоғары қысымды бұралу, жинақталған орамды желімдеу, СОВО әдісі және басқа да бірқатар әдістер бар. Көрсетілген әдістерді қолдана отырып, коррозияға төзімді түсті қорытпалардан дайындамаларды өндіру өнеркәсіптік, жаппай өндіріс көлемі үшін әрқашан тиімді бола бермейді, сондықтан материалдардың ультра ұсақ түйіршікті құрылымын алу жолдарын әзірлеу және іздеу жалғасуда.

Бұл мақалада қорытпалардың өте ұсақ түйіршікті құрылымын алу әдістері, осы әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. 6082 Алюминий қорытпасы үшін, үш орамды радиалды кескіш диірменде илектеу арқылы ұқсас құрылымды алу әдісі қарастырылады.

Түйін сөздер: ультра ұсақ түйіршікті құрылым, пластикалық деформация, нано- және субмикросталдық құрылым, қарқынды пластикалық деформация, престеу, тең арналы бұрыштық престеу, жоғары қысымды бұралу, түсті қорытпалардан дайындамалар.

Кіріспе

Қарқынды пластикалық деформация (ҚПД) ықшам нано- және субмикросталды материалдарды алу әдістерінің бірі болып табылады [1,2]. Бұл әдіс қайта кристалданған аморфты күй белгілері бар жоғары фрагменттелген және дұрыс емес құрылым түзуге негізделген. Материалдың үлкен деформацияларына қол жеткізу үшін әртүрлі әдістер қолданылады: квазигидростатикалық қысыммен бұралу, тең арналы бұрыштық престеу, илемдеу және жан-жақты соғу. Бұл әдістердің мәні өңделетін материалдардың қайталанатын қарқынды пластикалық ығысу деформациясында жатыр, бұл ретте деформацияның шынайы логарифмдік дәрежесінің мәні 4-7 аралығына тең болады. Қарқынды пластикалық деформацияны қолдану арқылы орташа түйіршіктер мөлшерін азайтумен бірге, іс жүзінде кеуекті емес құрылымы бар массивтік үлгілерді алуға болады; Бұған наноұнтақтарды нығыздау арқылы қол жеткізу мүмкін емес.

Әсіресе, аэроғарыш өнеркәсібінде, кеме жасауда және медицинада дәстүрлі түрде қолданылатын алюминий және титан негізіндегі жеңіл және коррозияға төзімді құрылымдық қорытпалардың дайындамасына нанотехнологияны қолданудың келешегі зор.

Тең арналы бұрыштық престеу (ТАБП) үшін, металл шыбықтарын өңдеуде ҚПД ең танымал әдісі болып қала береді, өйткені дайындаманың негізгі өлшемдерін сақтай отырып, наноқұрылымды қалыптастыруға мүмкіндік береді [1, 2]. Бұл әдіс дайындаманы бұрышпен қиылысатын екі арна арқылы итеруден тұрады, ал арналардың қиылысында қарапайым ығысу деформациясы дайындаманың көлденең қимасының өлшемдерін өзгертпей жүзеге асырады, бұл оның қайталану деформациясына мүмкіндік тудырады.

Зерттеу әдістері

Осылайша, ТАБП әдісінің мәні, материалды $2\alpha = 90 - 150^\circ$ бұрышпен қиылысатын көлденең қимасын бірдей екі арна арқылы күшпен итеру болып табылады [1, 2]. Каналдардың қиылысу жазықтығында қарқындылығы жоғары қарапайым ығысудың біртекті деформациясы шоғырланған.

$$\Delta L = 2ctg\alpha.$$

Осы схемаға сәйкес материалды бірнеше циклдік өңдеу деформацияның өте жоғары қарқындылығын қамтамасыз етеді.

$$\Delta\Gamma = N\Delta\Gamma = 2Nctg\alpha,$$

Мұндағы N – циклдар саны. Алынған үлгі біркелкі кернеу-деформация күйінде, бірақ оның көлденең өлшемдері өзгермейді. Деформацияның арнайы логарифмдік дәрежесі мына формула бойынша анықталады.

$$\bar{\varepsilon} = arsh \frac{\Gamma}{2} = \ln \left\{ \frac{\Gamma}{2} + \left[\left(\frac{\Gamma}{2} \right)^2 + 1 \right]^{1/2} \right\}.$$

90°-қа жақын 2α бұрыштарын қолданған дұрыс, бұл кезде деформация қарқындылығының максималды деңгейіне жанасу қысымының шамалы өсуімен қол жеткізіледі.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

"Прометей" КМ Орталық ғылыми-зерттеу институтында жартылай фабрикаттардың, оның ішінде массивтік жартылай фабрикаттардың беріктігі мен икемділігінің неғұрлым жоғары деңгейде қамтамасыз ету мақсатында 1561 және 1575 (Al-Mg және Al-MgSc жүйесі) деформацияланатын жоғары беріктігі бар алюминий қорытпаларында ТАБП-тың көмегімен регламенттелген ультра ұсақ түйіршікті (УҰТ) құрылымын алу бойынша [3, 4] жұмыстар орындалды, сонымен қатар қорытпалар мен күрделі пішінді бұйымдар алды. Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін арнаның көлденең қимасы 30x30 мм және қиылысу бұрышы 90°x110° болатын түсті металдардың қыздырылған қалыптары жобаланып, дайындалды.

Жұмыс авторлары [3,4] ТАБП-тың бірінші өтуі кезінде беріктік пен аққыштық шегінің тез өсуіне қол жеткізілетінін анықтады, бірақ бұл жағдайда пайда болған торлы құрылымның жетілмегендігі, кіші бұрыштық шекараларға байланысты. Неғұрлым тұрақты үлкен бұрыштық шекаралары бар ультра ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыру үшін, бірнеше рет қайта өңдеу жүргізілді. Осы процестің еңбек сыйымдылығын төмендету мақсатында "Прометей" КМ ОҒЗИ-да "ВИЛС" ААҚ-мен бірлесіп, үш рет қиылысатын канал арқылы (дәстүрлі екеуінің орнына) 1561 алюминий қорытпасының РКУП шыбықтарына (Ø85 мм) тәжірибелік-өнеркәсіптік игеру жүргізілді. Бұл схема бірінші өту кезінде, тиімді деформацияны 2 есе арттыруға, уақытты (өту санын) және өңдеудің күрделілігін азайтуға мүмкіндік берді.

Жұмыста [3, 4] зерттелетін материалдың механикалық қасиеттері ТАБП әдісімен екінші канал арқылы алынған материалдың сынақ нәтижелерімен салыстырылды. Бұл салыстыру ТАБП үшін үш арналы матрицадағы бірдей өту саны 1561 қорытпасы үшін жоғары беріктік мәндерін алуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Авторлардың [3, 4] жүргізген зерттеулерінде ТАБП-дан алынған қорытпа құрылымының тұрақтылығы 30, 60 және 120 минут ішінде 100-400°С температурасында күйдіруден өткен үлгілерді механикалық сынау нәтижелері бойынша бағалады, бұл қасиеттердің айтарлықтай төмендеуі үлгілерді 200°С-тан жоғары қыздырғаннан кейін болатынын көрсетті, ал қыздыру температурасы 400°С дейін көтерілген кезде механикалық қасиеттердің төмендеу қарқыны байқалады. Таңдалған температура диапазонында қыздыру ұзақтығының артуы үлгілердің қасиеттеріне іс жүзінде әсер етпейді.

Осылайша, 1561 алюминий қорытпасының құйма дайындамалары ТАБП нәтижесінде, оларда жоғары беріктік пен икемділік деңгейін қамтамасыз ететін УҰТ құрылым қалыптасады.

Субмикросталды материалдардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеу нәтижелерін талдауға арналған жұмыстар [1, 5, 6]. Авторлар нанокристалды материалдарды күйдіру, олардың микроқұрылымының эволюциясына әкелетінін көрсетті, оны шартты түрде екі кезеңге бөлуге болады. Бірінші кезеңде балқу температурасының шамамен 1/3 бөлігін құрайтын температурада күйдіру нәтижесінде, кернеулердің релаксациясы, дән шекараларының тепе-теңдік күйіне ауысуы және дәндердің шамалы өсуі жүреді. Екінші кезеңде күйдіру температурасының одан әрі жоғарылауы немесе оның ұзақтығының артуы, жинақталған қайта кристалдануды тудырады, яғни дәндердің іріленуіне әкеледі. Күйдірудің бірінші кезеңі Cu, Pd және Ti сияқты пластикалық деформацияланған материалдардың микроқаттылығын өлшеу нәтижелерінен жақсы байқалады.

УҰТ құрылымын алу мақсатында, каналды-бұрыштық басу [7] жұмысы арқылы, мысты динамикалық нұсқада деформациялау жүргізілді. Үлгілерді динамикалық деформациялау үшін тең арналы бұрыштық престоуде қолданылатын қымбат пресс-жабдықтың орнына ұнтақ

газдарының энергиясы пайдаланылды. Зеңбіректің көмегімен үлгілер 150-500 м/с жылдамдыққа дейін үдейеді. Кейін матрицаға бағытталды. Матрицада 90° бұрышпен қиылысатын екі-үш арна болды. Арналардың көлденең қимасы дәйекті түрде төмендеді. Материал 3-7 ГПа қысыммен 10^5с^{-1} жылдамдықпен деформацияланды.

Жұмыс [7] барысында М1 маркалы мыс үлгілеріндегі құрылымдық өзгерістер бір-екі өту кезінде, динамикалық престоуге ұшырады. Мыс бастапқы күйінде полиэдрлік құрылымға ие болды, оның орташа дәндерінің мөлшері ~ 100 мкм. Престоу процесінде жоғары жылдамдықты деформация және температураның бір мезгілде жоғарылауы әсерінен мыстың микроқұрылымы өзгерді. Жұмыс авторлары жасушалық дислокациялық құрылымдардың, микрогіздердің жүйелерінің қалыптасуын және динамикалық полигонизация нәтижесінде пайда болған астарлы құрылымның қалыптасуын бақылаған. Бір арнадан екінші арнаға өту кезінде орналасқан аймақтарда және үлгілердің басында, жеке учаскелерде деформацияның локализациясы мен температураның жоғарылауына байланысты өлшемі 0,1-0,5 мкм жаңа қайта кристалданған түйіршіктер пайда болды. Жұмыста сынамалардың кейбір аймақтарында және турбулентті (құйынды) ағын элементтері бар учаскелерде локализацияланған ағыс аймақтары байқалды. Екі өтуден өткен үлгілердің негізгі бөлігінде субмикродисперсті (30-100 нм) дәндері бар жұқа талшықтардан тұратын құрылым табылды.

Осылайша, динамикалық каналды-бұрыштық престоуді нанокристалдық күйге дейін құрылымының айтарлықтай нақтылануымен бірге жүретін қарқынды пластикалық деформация әдісі ретінде қолдануға болады. Әдістің артықшылықтарының бірі - оның қысқа мерзімділігі.

Белгілі болғандай, ҚПДның бірнеше әдістері нанокұрылымдық күйде ерекше қасиеттері бар металдық материалдарды алуға мүмкіндік береді. Сондықтан [1] жұмыста титан никельді негізінде пішінді есте сақтау (ПЕС) әсері бар нанокұрылымды қорытпаларды алудың деформациялық әдістері, құрылымы мен қасиеттері қарастырылған. Оларды пайдалану микроқұрылымды өзгертуге, фазалық түрлендіруге және қорытпалардың пішінді есте сақтаумен байланысты физикалық-механикалық қасиеттеріне әсер етудің бірегей мүмкіндіктерін ашты.

Жұмыстың [1] мәліметтері бойынша, жоғары қысымды бұралу арқылы қарқынды пластикалық деформацияны (ҚПД) қолдану іргелі аспектіде өте пайдалы болды. Жоғары қарқынды пластикалық деформация қорытпалардың аморфизациясына дейін дәндің шекті ұнтақталуын қамтамасыз ететіні анықталды. Жұмыс авторлары бұл жағдайда аморфты матрица жоғары бұрмаланады, бірақ В2-торына жақын атом құрылымы бар нанобөлшектер бар екенін көрсетеді, олар төмен температуралық тепе-теңдіктен кейінгі нанокристалдау орталықтарына айналады. Нанонитинол беріктік шектері (2700 МПа дейін), өтімділігі (2000 МПа дейін), 15-20% икемділікте ПЕС-тегі реактивті кернеу (1300-1500 МПа дейін) рекордтық мәндерін, құрылым мен қасиеттері бойынша жоғары жылу тұрақтылығын көрсетеді. Жұмыста әр түрлі режимдер бойынша ТАБП әдісімен ҚПД қолдану арқылы алғаш рет ПЕС-пен көлемді нанокұрылымдық қорытпаларды жасауға мүмкіндік берді. Бұл жұмыста әртүрлі режимдерде ТАБП бойынша ҚПД әдісін қолдану алғаш рет пішінді есте сақтау көлемді нанокұрылымды қорытпаларды жасауға мүмкіндік берді.

[1] жұмыстың авторларының пікірінше, поликристалды прототиптермен салыстырғанда (синтез әдісіне байланысты орташа түйіршік мөлшері 30-100 мкм) көлемді (ТАБП-тан кейін) титан никельді нанокұрылымдық қорытпалары айтарлықтай артықшылықтары: күш, жоғары беріктік және пластикалық қасиеттерге ие. Өнеркәсіпте, арнайы техника мен медицинада нитинолды қолданудың бірқатар маңызды техникалық және әлеуметтік маңызды бағыттары бар, олар ұзын шыбықтар, жолақтар, түрлі типтік өлшемдегі сымдар түрінде қажет. Сондықтан, [1] жұмыста қорытпалардың механикалық сипаттамаларын жақсарту үшін, маңызды деформация пішінді есте сақтау әдісі ұсынылған.

Титан никельді негізіндегі қорытпаларда УҰТ күйінің қалыптасуы пішінді есте сақтау әсерлерінің, серпімділік пен беріктік қасиеттерінің айтарлықтай жақсырақ жиынтығына қол жеткізуге мүмкіндік беретіні белгілі. Сондықтан [8] жұмыста ТАБП әдісі арқылы Ti50Ni47.3Fe2.7 қорытпасында УҰТ құрылымын қалыптастыруға арналған. Бұл жұмыста УҰТ құрылымы бар Ti50Ni47.3Fe2.7 қорытпа үлгілерінің көлемді дайындамалары 723К тең арналы бұрыштық престоу (ТАБП) арқылы алынды. Арналардың қиылысу бұрышы 90° болды. Жалпы шынайы деформациясы 2, 6442 болатын үш деформация циклі жүргізілді. Ti50Ni47.3Fe2.7 қорытпа

үлгілерінің термосерпімді мартенситтік түрлендірулерінің реттілігі мен температуралық диапазондары, кристалдық құрылымы, микроқұрылымы, физикалық-механикалық қасиеттері ТАБП-қа дейін және одан кейін, сондай-ақ 673K температурада термиялық күйдіруден кейін зерттелді. ТАБП-тың екінші өтуінен кейін, қорытпаның субмикрокристалдық құрылымы (дән асты құрылымы фрагменттерінің орташа өлшемі ~ 300 нм) түзілетіні анықталды, бұл B2 фазасының рентгендік шағылысу (211) енінің екі есе ұлғаюына әкеледі. Өту санының одан әрі ұлғаюы, шағылысу енін аздап арттырады, бұл деформацияланған қорытпаның фрагменттерінің өлшемдерінің шамалы қосымша қысқаруын көрсетеді. Субмикрокристалдық күйдің пайда болуы осы қорытпадағы термосерпімді мартенситті түрлендірулердің ретін өзгертпейтіні көрсетілген: ірі түйіршікті де, субмикрокристалды үлгілерде де салқындату-қызу циклдеріндегі $B2 \leftrightarrow R \leftrightarrow B19'$ ретімен жүзеге асады. Өту санының артуы $B2 \leftrightarrow R$ температурасына әсер етпейді, $R \leftrightarrow B19'$ іске қосу температурасын сәл төмендетеді (18 градусқа) және кері $B19' \leftrightarrow R$ интервалының 10 градусқа тарылуына әкеледі.

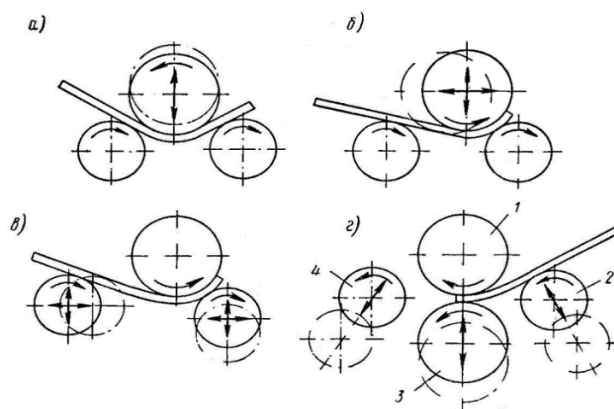
[8] жұмыста ТАБП-тан кейін алынған күйдің біртектілігін көрсететін нәтижелер алынды: дайындаманың әртүрлі бөліктерінен кесілген барлық үлгілерде, қорытпаның құрылымдық сезімтал сипаттамалары болып табылатын мартенситтік түрлендіру температуралары өлшеу қателігінің шегіне сәйкес келеді. Үлгідегі субмикрокристалды құрылымның қалыптасуы, деформацияланған үлгілерді сұйық азоттың қайнау температурасына дейін салқындату кезінде пайда болатын B19 разряд құрылымымен мартенситтік фазаның көлемдік үлесін айтарлықтай төмендетеді, бұл өлшем факторының әсерінен болуы мүмкін, ультра ұсақ түйіршікті үлгілердегі құрылым фрагменттерінің мөлшерін азайту кезінде жоғары температуралы B2 фазасы тұрақтанады.

Қазіргі уақытта материалтану ғылымында нано – және УҰТ құрылымы бар әртүрлі геометриялық көлемді наноқұрылымдары бар металдық материалдар дайындамаларын алуға мүмкіндік беретін ҚПД әдістері белсенді дамып келеді [5-9]. Ондаған және жүздеген нанометрді құрайтын құрылымдық элементтердің өлшемдері мұндай құрылымдардағы зат пен энергияны тасымалдау процестерінің өзгеруіне әкеледі. Бұл ретте бірегей физика-механикалық қасиеттері бар материалдардың жаңа күйлері қалыптасады [5, 9]. ҚПД-ны жүзеге асыратын ең танымал әдістерге жоғары қысымды бұралу (ЖҚБ), жан-жақты соғу (ЖЖС) және т.б. сияқты өңдеу схемалары жатады, олар жұмыстарда ең егжей-тегжейлі сипатталған [2-10].

Жоғары қысымды бұралу. Жоғарғы қысыммен бұралудағы үлгілер бойколардың арасына орналастырылады және қысыммен (5-10 ГПа) қысылады. Жылжымалы бойконы айналдыру кезінде, элементтері ығысу арқылы жүзеге асырылатын деформацияның шынайы логарифмдік дәрежесіне ($e > 5$) қол жеткізуге болады. Жоғары қысыммен бұралу әдісін материалға және мәніне байланысты нанокристалды және аморфты құрылымы бар диаметрі 20 мм-ге дейінгі дискілер түрінде интегралды үлгілерді алу үшін қолданылуы мүмкін [9]. Алынған үлгілердің шектеулі көлеміне байланысты бұл әдіс өнеркәсіпте қолдану үшін өзекті емес, бірақ нанокристалдық құрылымдарды зерттеу үшін үлгілі материал алу тұрғысынан қызықты болып келеді.

Жан-жақты соғу. УҰТ-ті құрылымдары бар көлемді жартылай фабрикаттарды алу үшін, Г.А. Салищев пен бірлескен авторлар [11] ұсынған деформация температурасының кезек-кезегімен төмендеуі жан-жақты изотермиялық соғу әдісі сияқты ҚПД әдісі де ерекше қызығушылық тудырады. Жан-жақты соғу схемасы еркін соғу операцияларын бірнеше рет қайталауға негізделген. Осы әдіспен титан, никель және интерметаллидтер негізіндегі деформациялануы қиын қорытпаларда УҰТ-тер құрылымын (60-100 нм) алуға болады, өйткені өңдеу жоғары температурадан басталады және бұл ретте құралға шағын үлестік жүктемелер қамтамасыз етіледі. Жан-жақты соғу әдісі плиталар түрінде үлкен өлшемдердегі үлгілерді шығарады, олардан, мысалы, прокаттау арқылы табақты жартылай фабрикаттарын алуға болады. Бұл әдістің негізгі кемшіліктері салыстырмалы түрде жоғары температура болып табылады.

Соңғы жылдары қолданыстағы ҚПД әдістерін әзірлеуде және өңдеуде жаңа схемалар құруда белсенділік арттырып келеді. Негізгі зерттеулер нәтижесінде алынған көлемді дайындамалардың өлшемдерін ұлғайту, сондай-ақ өндірістік процесті өнеркәсіптік өндіріс жағдайларына жақындату үшін қиын деформацияланатын материалдарға қатысты ҚПД технологиясын жетілдіру бойынша жұмыстар жүргізілуде.



Сурет 1 – Үш білікті радиалды кескіш станда илемдеу

Осындай шарттарды зерттейтін үш білікті радиалды кескіш станда илемдеу әдісі болып табылады. Осы жұмыс бойынша 6082 алюминий қорытпасына табиғи илемдеу эксперименті жүргізілді (1-сурет), ол үш рет өту кезінде дайындаманың бастапқы диаметрі 45 мм-ден диаметрі 35 мм-ге дейін илектеліп алынған үлгілер, қазіргі уақытта аққыштық шегін анықтау үшін созылу сынақтарына ұшырайды және осы қорытпа үшін пластикалық деформацияға дейінгі және кейінгі микроқұрылым зерттеледі.

Қорытынды

Алюминий қорытпаларын үш білікті радиалды кескіш станда илемдеу процесі қарқынды пластикалық деформацияның бір әдісі болып табылады, онда біз қорытпаның ультра ұсақ түйіршікті құрылымын аламыз және сәйкесінше бізге қажет механикалық қасиеттерді өнеркәсіптік жолмен аламыз. Бұл мақала коррозияға төзімді жеңіл түсті қорытпалардың қажетті УҰТ құрылымын алу тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар оны жаппай өнеркәсіптік әдіспен алу тұрғысын қарқынды пластикалық деформация әдістерін көрсететін шолу болып табылады, бұл үш білікті радиалды кескіш станда илемдеу әдісі ең жақсы болып табылды.

Список литературы

1. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р.З. Валиев, И.В. Александров. – Москва – Логос, 2000. – 272 с.
2. Процессы пластического структурообразования металлов / В.М. Сегал и др. – Минск: Наука и техника, 1994. – 428 с.
3. Перевезенцев В.Н. // Высокоскоростная сверхпластичность сплавов системы Al-Mg-Sc-Zr. / В.Н. Перевезенцев и др. // Металлы. – 2004. – № 1. – С. 36-43.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – С. 416.
5. Optimization of wear parameters for ECAP-processed ZK30 alloy using response surface and machine learning approaches: a comparative study / M. Shaban et al // Sci Rep. – 2024. – № 14. – P. 9233. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59880-0>.
6. Valiev R.Z. / Mater. Sci. Eng. // R.Z. Valiev, A.V. Korznikov, R.R. Mulyukov // A168. – 1993. – P. 141-48.
7. Хомская И.В. / Деформирование меди методом канально-углового прессования с целью получения ультрамелкозернистой структуры / И.В. Хомская, В.И. Зельдович, Е.В. Шорохов // Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО 2007», – Новосибирск, 2007. – С. 97 – 102.
8. Формирование ультрамелкозернистой структуры в сплаве Ti50Ni47,3Fe2,7 методом РКУП / В.Н. Гришков и др. // Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО 2007», – Новосибирск, 2007. – С. 126-131.
9. Valiev, R.Z. Achieving exceptional grain refinement through severe plastic deformation: new approaches for improving the processing technology/ R.Z. Valiev, T.G. Langdon // Metal. Mater. Trans. A. – 2011. – vol. 42A. – P. 2942-2951.
10. Mazilkin A.A. Formation of Nanostructure during High-Pressure Torsion of Al–Zn, Al–Mg and Al–Zn–Mg Alloys / A.A. Mazilkin et al // Defect and Diffusion Forum. – 2005. – Vol. 237-240. – P. 739-744.

11. Salishchev, G.A. Evolution of microstructure and mechanical behavior of titanium during warm multiple deformation / G.A. Salishchev, S.V. Zherebtsov, R.M. Galejev // Ultrafine Grained Materials II, TMS. – 2003. – P. 123-131.
12. Beygelzimer Y. Microstructural evolution of titanium under twist extrusion / Y. Beygelzimer et al // Proceeding of «Ultrafine Grained Materials II», TMS Annual Meeting in Seattle. Washington. – 2002. – P. 43-46.

Г.М. Кудайбергенова¹, Р.А. Советбаев^{1*}, Е.З. Нугман²

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей., ул. Глинки, 20 А

²Казахский национальный исследовательский технический университет,
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. К. Сатпаева, 22

*e-mail: gulim88.88@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК И ИХ РЕШЕНИЕ МЕТОДАМИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Конструкционные материалы с ультрамелкозернистой (УМЗ) или нано- и субмикроструктурной структурой по ряду своих механических характеристик (твердость и др.) значительно превосходят материалы, полученные традиционными способами, это и литые, и способы обработки давлением. Именно поэтому на подобные сплавы (в основном сплавы на основе алюминия, магния, титана) имеется постоянный спрос в промышленности, особенно в космической, авиационной и судостроении. Основным методом получения ультрамелкозернистой структуры металла является равноканальное угловое прессование (РКУП), это один из способов интенсивной пластической деформации (ИПД). Кроме этого, существует ряд других методов, это кручение под высоким давлением, накопительное рулонное склеивание, метод КОВО и ряд других. Получение заготовок из коррозионно-стойких цветных сплавов перечисленными методами не всегда является эффективным для промышленных, массовых объемов производства именно поэтому продолжается разработка и поиск способов получения ультрамелкозернистой структуры материалов.

В данной статье рассмотрены методы получения ультрамелкозернистой структуры сплавов, преимущества данных методов и недостатки. Для алюминиевого сплава 6082, рассмотрен способ получения подобной структуры путем прокатки на трехвалковом радиально-сдвиговом стане.

Ключевые слова: ультрамелкозернистая структура, пластическая деформация, нано- и субмикроструктурная структура, интенсивная пластическая деформация, прессование, равноканальное угловое прессование, кручение под высоким давлением, заготовки из цветных сплавов.

G.M. Kudaybergenova¹, R.A. Sovetbayev^{1*}, E.Z. Nugman²

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Kazakh National Research Technical University,
22 K. Satpayev str., Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan

*e-mail: gulim88.88@bk.ru

PROBLEMS OF NANOSTRUCTURING OF BLANKS AND THEIR SOLUTION BY METHODS OF INTENSIVE PLASTIC DEFORMATION

Structural materials with ultrafine-grained (UFG) or nano- and submicrocrystalline structure significantly surpass materials obtained by traditional methods, such as casting and pressure processing, in a number of their mechanical characteristics (hardness, etc.). That is why such alloys (mainly alloys based on aluminum, magnesium, titanium) are in constant demand in industry, especially in space, aviation and shipbuilding. The main method for obtaining an ultrafine-grained metal structure is equal-channel angular pressing (ECAP), which is one of the methods of intense plastic deformation (IPD). In addition, there are a number of other methods, such as high-pressure torsion, accumulative roll gluing, the KOBO method and a number of others. Obtaining blanks from corrosion-resistant non-ferrous alloys by the listed methods is not always effective for industrial, mass production volumes, which is why the development and search for methods for obtaining an ultrafine-grained structure of materials continues.

This article discusses methods for obtaining an ultrafine-grained structure of alloys, the advantages of these methods and their disadvantages. For aluminum alloy 6082, a method for obtaining a similar structure by rolling on a three-roll radial-shear mill is considered.

Key words: ultrafine-grained structure, plastic deformation, nano- and submicrocrystalline structure, severe plastic deformation, pressing, equal-channel angular pressing, high-pressure torsion, non-ferrous alloy blanks.

Авторлар туралы мәліметтер

Гульнур Муратовна Кудайбергенова – «Машина жасаудағы цифрлық технологиялар және логистика» кафедрасының оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: gulim88.88@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3841-982X>.

Раил Аянович Советбаев* – «Машина жасау өндірісін цифрландыру» мамандығы бойынша докторант, ҚазҰТЗУ, Энергетика және машина жасау институты, Алматы, Қазақстан Республикасы; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Ерік Зейнелұлы Нұғман – «Машина жасау» кафедрасының меңгерушісі, «Машина жасау» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD докторы, ҚазҰТЗУ, Энергетика және машина жасау институты, Алматы, Қазақстан Республикасы; e-mail: e.nugman@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-9440>.

Сведения об авторах

Гульнур Муратовна Кудайбергенова – преподаватель кафедры «Цифровые технологии в машиностроении и логистика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: gulim88.88@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3841-982X>.

Раил Аянович Советбаев* – докторант по специальности «Цифровизация машиностроительного производства», КазННТУ им. К.И. Сатпаева, Институт энергетике и машиностроения, Алматы, Республика Казахстан; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Ерик Зейнелович Нугман – Заведующий кафедрой «Машиностроение», ассоциированный профессор кафедры «Машиностроение», доктор PhD, КазННТУ им. К.И. Сатпаева, Институт энергетике и машиностроения, Алматы, Республика Казахстан, e-mail: e.nugman@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-9440>.

Information about the authors

Gulnur Muratovna Kudaibergenova – Teacher at the Department of Digital Technologies in Mechanical Engineering and Logistics, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulim88.88@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3841-982X>.

Rail Ayanovich Sovetbayev* – doctoral student in «Digitalization of machine-building production», K.I. Satbayev KazNRTU, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Almaty, Kazakhstan Republic; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Yerik Zeynelevich Nugman – Head of the Department of Mechanical Engineering, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, PhD, K.I. Satbayev KazNRTU, Institute of Energy and Mechanical Engineering, Almaty, Kazakhstan Republic; e-mail: e.nugman@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4537-9440>.

Редакцияға енуі 26.11.2024

Өңдеуден кейін түсуі 03.03.2025

Жариялауға қабылданды 04.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-43](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-43)

IRSTI: 29.19.15



N. Kadyrbolat^{*}, R. Kurmangaliyev¹, Z. Satbayeva^{1,2}, A. Shynarbek¹, D. Zhasbolatov³.

¹Engineering Center «Hardening technologies and coatings», Shakarim Semey University, 071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya str., 4a

²TOO «Plasma Science»,

070018, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Gogol str. 7G

³Niigata University, 8050, Japan Nishi-ku, Niigata, 950-2181

*e-mail: ersinnur44@gmail.com

THE INFLUENCE OF ELECTROLYTIC PLASMA HARDENING ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF WORKING PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Abstract: *In this paper, we investigate the improvement of the operational and mechanical properties of 45 steel used in agricultural machinery by electrolytic plasma quenching (EPH). The experiments were carried out under three treatment modes: 320 V voltage, 50 A current and exposure time of 9 seconds. Microstructure analysis showed the formation of a martensitic layer with a thickness of 500-550 microns, which led to an increase in the microhardness of steel from 200 HV to 683 HV, that is, 3.4 times. The zonal structure*

of the material is revealed: a reinforced (martensitic) layer with a thickness of 500 microns, a thermal impact zone of 200-250 microns and a basic matrix. The results of the study confirmed the high efficiency and reliability of EPC as a method of hardening highly loaded working bodies of agricultural machinery. The introduction of this technology makes it possible to reduce the cost of replacing parts by 30-35%, increase the efficiency of equipment and contribute to the development of domestic agricultural machinery. The use of a 20% sodium carbonate solution, which does not pollute the environment, during the EPH ensured an even distribution of electric current in the cell and contributed to achieving an optimal cooling rate of the sample.

Key words: electrolytic plasma hardening (EPH), microhardness, wear, steel 45, electrolyte.

Introduction

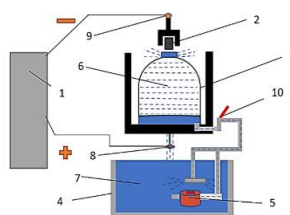
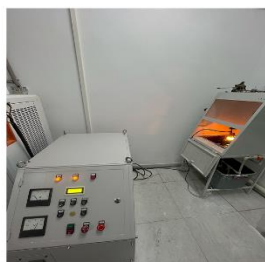
Currently, 85-90% of breakdowns and malfunctions of agricultural machinery are related to the wear of its components. The main factors contributing to wear are the accumulation of dust and dirt, as well as intense loads that cause increased friction, which reduces the efficiency of the equipment [1-3]. Kazakhstan's agriculture is provided with tractors, combine harvesters, and other agricultural machinery, but this is not enough to achieve high efficiency in the industry. According to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, the average wear rate of the machine and tractor fleet is about 80%. A significant part of the machinery is older than 15 years: the wear rate of tractors is 79%, combines – 54%, seeders – 86%, harvesters – 63%. This negatively affects the productivity and quality of agricultural work [4-5]. Special attention is required for tillage equipment that operates in difficult conditions. Plows, cultivators, harrows, and other aggregates are subjected to heavy loads due to constant contact with hard soil, stones, and abrasive particles. The high level of their wear leads to a deterioration in the quality of tillage, which negatively affects crop yields and health. Kazakhstan annually sows about 21 million hectares of acreage [6-8]. More than 150 thousand tractors, 88 thousand seeders, and about 40 thousand grain and forage harvesters are involved in field and harvesting operations. With the recommended rate of equipment renewal at the level of 10-12,5%, the actual figure is only 1-3%. This leads to a decrease in production efficiency, deterioration of product quality, and significant losses at all stages of the agricultural cycle [9-11]. The lack of modern machinery and the slow pace of its renewal negatively affect the yield and competitiveness of agricultural products, as well as soil fertility and the overall sustainability of agricultural production.

Various surface treatment technologies are used to create new machinery parts, improve their performance, or restore worn parts. Among them, laser processing, surfacing, and electron beam processing can be distinguished, which are capable of solving these tasks. However, these methods are characterized by high cost, both of the processes themselves and of the materials used. One of the advanced methods of heat treatment of steel related to chemical and thermal technologies is electrolytic plasma hardening (EPH). This process is based on intense heating of the metal surface resulting from the formation of a vapor-gas shell in the electrolyte under the action of electrical discharges. In addition to effective hardening, EPH promotes the activation of diffusion processes such as cementation, nitriding, and nitrocarburizing. As a result, the surface of the steel is saturated with carbon and nitrogen atoms, which significantly improves its mechanical properties, including increased hardness and wear resistance [12-15].

Materials and methods

To establish the optimal regime of electrolyte-plasma hardening (EPH), samples of grade 45 steel measuring 15x15x15 mm were prepared and sanded manually sequentially on sandpaper with a grain size from P100 to P2500, which were subjected to standard heat treatment in certain temperature conditions: quenching at 880-900°C and post-cooling in the electrolyte. Then, electrolytic plasma quenching was additionally applied at a temperature of about 850°C for 9 seconds and cooling in electrolyte at a temperature 25-30°C for 3 seconds. These different heat treatment methods made it possible to compare and evaluate the effect of each of them on the mechanical properties of steel 45 [16-18].

Electrolytic plasma hardening of 45 steel samples, as well as their subsequent research, were carried out at the Hardening Technologies and Coatings Engineering Center (Shakarim Semey University, Kazakhstan). A special installation designed for heating local areas of large-sized products was used to carry out EPH. The installation is a complex that includes a power source and an electrolyte cell, which are integrated into a chemical cabinet. A 50 kW power supply provides a constant positive voltage of up to 380 V and a current of up to 150 A, depending on the load [19]. The power supply is controlled using a digital module, which also has an interface for connecting to a personal computer via a COM port, allowing precise control of process parameters.



1 – Power supply; 2 – sample; 3 – cone electrolyzer made of stainless steel; 4 – electrolyte bath; 5 – pump; 6 – electrolyte; 7 – reversible electrolyte; 8 – cathode (-); 9 – anode (+); 10 – flow controller
Figure 1 – Appearance and schematic diagram of the EPH installation

A visual study of sample processing at EPH was carried out using a high-speed EVERCAM 2000-16-C camera manufactured by General Optics LLC, Moscow, Russian Federation. The video was shot at 1000 frames per second. The processing of the received video files was carried out in the SRV_HS program supplied by the camera manufacturer.

A JEOL 6390LV scanning electron microscope was used to study the microstructure of the initial sample at magnifications of 700x.

Scanning electron microscopy (SEM) using a TESCAN VEGA Compact device was used to study the microstructure and phase composition of steel 45 after treatment with the method of electrolyte-plasma hardening (EPH). This microscope provides a detailed analysis of morphological changes in the surface of the material, allowing the identification of characteristic structural elements.

Metallographic microanalysis was performed on the grinds of steel samples, which were pre-polished using a paste based on chromium dioxide, and then etched with a 4% alcohol solution of nitric acid.

The microhardness of the studied samples was determined using the HV-1 DT device at an indenter load of $P = 1$ N and exposure for 10 seconds, in accordance with the requirements of GOST 9450-76.

The results of the study

For a more detailed analysis of electrolyte-plasma hardening, the same electrolyte compositions and different processing modes were used, as shown in Table 1, which made it possible to evaluate the effect of these parameters on the properties of steel 45.

Table 1 – Parameters of EPH Modes for 45 Steel

Sample	Cone area	Electrolyte content	U, B	t, s	I, A
№ 1	0,05m ²	20% Na ₂ CO ₃ +80% H ₂ O	320	9	50

The electrolyte, which is a solution of sodium carbonate in distilled water, circulates in an electrolysis cell with a flow rate of 60 liters/min, provided by an electric pump. During circulation, it washes the anode located inside the cell. Through the upper opening of the cell, the electrolyte returns to the electrolytic bath, while washing the hardened part (cathode) installed at an adjustable distance [20].

When an electric voltage is applied between the anode and the cathode, the electrolyte ions (Na⁺ and OH⁻) acquire directional movement, which leads to intense heating of the cathode and the near-cathode layer of the electrolyte. As a result of this process, a combined-cycle shell is formed. Ionized electrolyte vapors form an environment in which electrical discharges occur between the electrolyte and the cathode sample, which further increases the sample temperature over time [21-22]. The process of electric discharge formation in EPH is shown in Fig. 2.

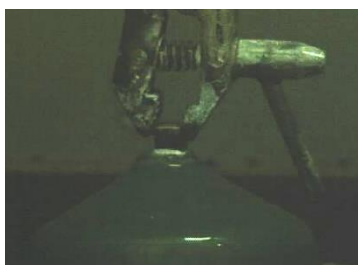


Figure 2 – Formation of a combined-cycle gas shell during EPH

Metallographic analysis using a scanning electron microscope has shown that in the initial state (Figure a, original), the surface of steel 45 has a ferrite-pearlite structure. After the electrolyte-plasma hardening procedure for 9 seconds (Figure b), the formation of a martensitic structural phase in the structure of steel 45 is observed (Fig. 3).

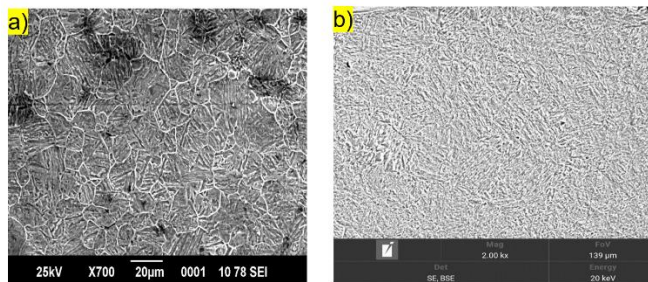


Figure 3 – Microstructure of steel 45, studied using SEM:
a) before hardening (original); b) af

Figure 4 shows an image of a cross-section of sample b, the thickness of the modified layer of which is 500-550 microns.

The microstructure can be conditionally divided into 3 zones (1 – a zone of intense structural transformations, a hardened layer; 2 – a zone of thermal influence; 3 – a zone having the structure of the initial matrix. The transition zone has a finer-grained structure, characteristic of the zone of thermal influence, compared with the coarse-grained structure of the matrix.

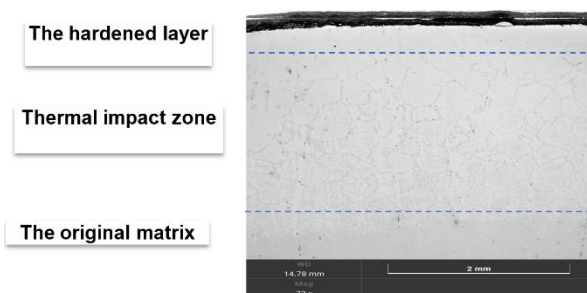


Figure 4 – Formed zones of microstructure after EPH on a cross-section of sample No. 1 made of 45 steel

The study revealed significant changes in the microstructure of steel 45 after electrolytic-plasma hardening (EPH). It was found that in the initial state (original), the surface layer of steel 45 has a ferrite-pearlite structure, while after hardening, it transforms into a fine-grained martensitic structural phase, which contributes to increased wear resistance. These changes mainly affect the surface layers, while maintaining the plasticity of the bulk of the material, which consists of ductile structural elements.

To assess the degree of influence of structural transformations of the surface on the mechanical properties of steel 45 after EPH, the microhardness of the samples was determined. Figure 5 shows the dependence of microhardness values on the duration of exposure to EPH [23]. The microhardness of steel 45 in its initial state is 190-210 HV. Tests have shown that after EPH, the microhardness of steel 45 increases by 3.4 times, depending on the initial state.

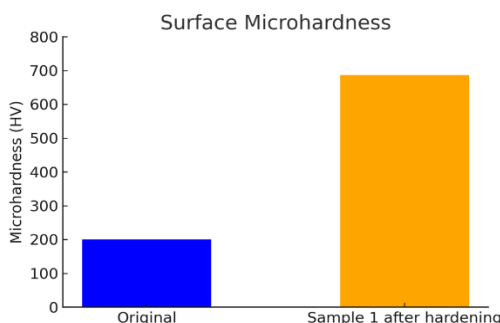


Figure 5 –Graph of hardness after EPH

Conclusion

Analyzing the results of experimental studies on the modification of surface layers of 45 steel using EPH, a number of important conclusions can be drawn. The optimal parameters for hardening the surface of steel 45 in an electrolyte plasma have been determined, which make it possible to create a modified layer with a thickness of 500-550 micrometers with improved performance characteristics. It was found that the morphological structure of steel 45 after EPH is characterized by martensitic grains. It was revealed that the cross-sectional structure of the treated steel 45, depending on the structural composition, is divided into zones: a surface layer with a martensitic structure, below is a zone of thermal action, followed by the main initial metal matrix. It was determined that the microhardness of steel 45 after EPH increases by 3.4 times, depending on the composition of the electrolyte and the duration of heating. Thus, the performed study confirms the effectiveness and practical value of the EPH for improving the working properties of parts of tillage machines used in agricultural machinery, especially in conditions of intense friction and wear.

References

1. Proskurin A.I. Technical maintenance and repair of automobiles at service enterprises / A.I. Proskurin, R.N. Moskvina, A.A. Kartashov // Textbook. – 2014.
2. Lyandenbursky V.V. Improvement of turbocharger diagnostics for mobile machinery engines / V.V. Lyandenbursky, A.P. Inshakov, I.I. Kurbakov // Monograph. – 2015.
3. Influence of surface roughness on wear resistance of machine parts / S.E. Negmatullaev et al // Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali. – 2022. – P. 505-509.
4. Gubasheva A.M. Problems of agricultural machinery storage in the Republic of Kazakhstan / A.M. Gubasheva, L.G. Knyazeva, V.D. Prokhorenkov // Science in Central Russia. – 2014. – № 6. – P. 38-48.
5. Development and management strategy of associated logistics centers in regions / G. Zhanbirov et al // Bulletin of KazATC. – 2023. – Vol. 126, № 3. – P. 82-90.
6. Verkhorubov V.S. Influence of plasma melting on wear resistance of metallization coatings of the Fe-C-Cr-Ti-Al system / V.S. Verkhorubov // PhD thesis in Technical Sciences: 05.02.10. – 2015.
7. Bekbosynov S. Improving the level of material and technical support for grain farming / S. Bekbosynov, I. Mizanbekov // Strategic directions for the development of the agro-industrial complex. – 2022. – P. 93-100.
8. Kazakhstan R. Program for the development of the agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020 «Agrobusiness-2020» [electronic resource] [adopted by the Government on February 18, 2013 No. 151] //URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs> P. – Vol. 1400000750.
9. Shuvalov A.S. Agricultural production through leasing mechanisms (based on materials from the Tver region).
10. Belousova S.V. Regional food security: formation and implementation problems (based on the example of the Irkutsk region) / S.V. Belousova // Economics Profession Business. – 2022. – № 4. – P. 30-40.
11. Modern trends in the development of energy economics / E.G. Ponomarenko et al. – 2023.
12. Application of electrolytic plasma hardening to improve the properties of machine parts made of steel 45 / R.K. Kusainov et al // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences Series. – 2024. – № 3 (15). – P. 62-70.
13. Electrolytic Plasma Nitriding of Medium-Carbon Steel 45 for Performance Enhancement / Z. Satbayeva et al // Crystals. – 2024. – Vol. 14, № 10. – P. 895.
14. Application of sodium carbonate-based electrolyte for electrolytic plasma surface hardening of steel 45 / B. Rakhadilov et al // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences Series. – 2024. – № 3(15). – P. 414-424.
15. Electrolytic plasma surface hardening of a steel applicator for liquid fertilizers / B.K. Rakhadilov et al // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences Series. – 2024. – Vol. 1, № 2 (14). – P. 325-334.
16. Tilabov B.K. Nitrocarburizing of needle sprockets made of carbon steel and their subsequent hardening and low-temperature tempering / B.K. Tilabov, U.E. Normurodov // Universum: Technical Sciences. – 2021. – № 2-4(83). – P. 21-24.
17. Serebrovsky V.I. Study of the influence of chemical-thermal treatment on the properties of electroplated coatings / V.I. Serebrovsky, E.S. Kalutsky, O.S. Sernikova // Modern problems and directions of agro-engineering development in Russia. – 2022. – P. 195-199.

18. Thermal treatment of disc saw teeth for fiber-processing machines / A.S. Abrorov et al // *Arkhiyariyus*. – 2021. – Vol. 7, № 1(55). – P. 21-25.
19. Surface Modification of Chromium–Nickel Steel by Electrolytic Plasma Nitriding Method / Z. Satbayeva et al // *Crystals*. – 2024. – Vol. 14, № 9. – P. 759.
20. Influence of electrolyte composition on microstructure, phase composition and performance properties of steel 45 after electrolytic plasma nitriding / Z.A. Satbayeva et al // *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences Series*. – 2024. – № 3 (15). – P. 405-414.
21. Electrochemical and transport characteristics of membrane systems during electro-nanofiltration separation of solutions containing ammonium nitrate and potassium sulfate / S.I. Lazarev et al // *Electrochemistry*. – 2021. – Vol. 57, № 6. – P. 355-376.
22. Kupryashov A.V. Electrochemical method for obtaining fine-dispersed graphite filler for composite multifunctional coatings: PhD thesis – Siberian Federal University, 2023.
23. Microstructure evolution and mechanical properties degradation behavior of nuclear power pressure vessel steel induced by prolonged thermal aging / T. Wang et al // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2025. – Vol. 34. – P. 2740-2753.

Funding information

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant № BR24992870).

Н. Қадырболат^{1*}, Р. Курманғалиев¹, З. Сатбаева^{1,2}, А. Шынарбек¹, Д. Жасболатов³.

¹Инжиниринг орталығы «Қатайту технологиялары және жабындар», Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Физкультурная к-сі, 4 в

²ЖШС «Plasma Science»,

070018, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., Гоголя к-сі, 7 Г,

³Ниигата университеті, 8050, Япония, Ниси-ку, Ниигата, 950-2181.

*e-mail: ersinnur44@gmail.com

ЭЛЕКТРОЛИТТИК-ПЛАЗМАЛЫҚ БЕРІКТЕНДІРУДІҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ТЕХНИКАСЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ СИПАТТАМАЛАРЫНА ӨСЕРІ

Осы жұмыста ауыл шаруашылығы техникасында қолданылатын 45 атты болатының пайдалануына және механикалық қасиеттерін арттыру мақсатында қолданылатын электролиттік-плазмалық беріктендіру (ЭПБ) әдісі зерттелді. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде келесі өңдеу режимі жүргізілді: кернеу 320 В, ток күші 50 А және әсер ету уақыты 9 секунд. Микроқұрылымдық талдау нәтижесінде қалыңдығы 500-550 мкм мартенситтік қабаттың қалыптасқаны анықталды, бұл болаттың микроқаттылығын 200 HV-ден 685 HV-ге дейін, яғни 3,4 есеге арттырды. Құрылымдық зоналық бөліну айқындалды және қалыңдығы 500 мкм шынықтырылған қабат, 200-250 мкм термиялық әсер ету аймағы және негізгі матрицасы көрсетілген. Зерттеу нәтижелері бойынша ЭПБ әдісінің ауыл шаруашылығы техникасының жұмысшы элементтерін беріктендіруде жоғары тиімділігі мен сенімділігін көрсетті. Бұл технологияны енгізу қосалқы бөлшектерді ауыстыру шығындарын 30–35%-ға төмендетуге, жабдықтарды пайдалану тиімділігін арттыруға және отандық ауыл шаруашылығы машина жасау саласының дамуына ықпал етуге мүмкіндік береді. Электролиттік-плазмалық беріктендіру (ЭПБ) кезінде улы емес 20%-тік натрий карбонат ерітіндісін қолдану арқылы электр тоғының ұяшықта біркелкі таралуын қамтамасыз етіп қана қоймай, үлгінің оңтайлы салқындату жылдамдығына қол жеткізуге көмегін тиізді.

Түйін сөздер: электролиттік-плазмалық қатайту (ЭПҚ), микроқаттылық, мартенсит, болат 45, электролит.

Н. Қадырболат^{1*}, Р. Курманғалиев¹, З. Сатбаева^{1,2}, А. Шынарбек¹, Д. Жасболатов³

¹Инжиниринговый центр «Упрочняющие технологии и покрытия»,

Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4 а

²ТОО «Plasma Science»,

070018, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Гоголя 7Г

³Ниигатский университет, 8050, Япония, Ниси-ку, Ниигата, 950-2181.

*e-mail: ersinnur44@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В данной работе исследуется повышение эксплуатационных и механических свойств стали 45, применяемой в сельскохозяйственной технике, методом электролитно-плазменного упрочнения (ЭПУ). Эксперименты проведены при следующем режиме: напряжение 320 В, сила тока 50 А и время воздействия 9 секунд. Анализ микроструктуры показал формирование мартенситного слоя толщиной 500-550 мкм, что привело к увеличению микротвёрдости стали с 200 HV до 685 HV, то есть в 3,4 раза. Выявлено зональное строение структуры: закалённый (мартенситный) слой толщиной 500 мкм, зона термического воздействия 200-250 мкм и основная матрица. Результаты исследования подтвердили высокую эффективность и надёжность ЭПУ как метода упрочнения высоконагруженных рабочих элементов сельскохозяйственной техники. Внедрение данной технологии позволяет снизить затраты на замену деталей на 30–35 %, повысить эффективность эксплуатации оборудования и способствовать развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения. Применение 20%-ного раствора карбоната натрия, не загрязняющего окружающую среду, при ЭПУ обеспечило равномерное распределение электрического тока в ячейке и способствовало достижению оптимальной скорости охлаждения образца.

Ключевые слова: электролитно-плазменное упрочнение (ЭПК), микротвёрдость, мартенсит, сталь 45, электролит.

Information about the authors

Nurlat Erboluly Kadyrbolat* – Student in «Heat Power Engineering» at Shakarim University of Semey, Kazakhstan; Assistant at the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»; e-mail: ersinnur44@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9014-4023>.

Rinat Khamituly Kurmangaliyev – Doctoral student in «Technical Physics» at Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: rinat_real@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2209-6740>.

Zarina Askarbekovna Satbayeva – PhD; Science Professor of the Department of «Technical Physics and Thermal Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; Senior Researcher at «PlasmaScience»; e-mail: satbaeva.z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>

Aibek Bakhytzhanyuly Shynarbek – Doctoral student in «Mechanics and Metal Processing» at Shakarim University, Republic of Kazakhstan; Leading Researcher at the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Dastan Maratuly Zhasbolatov – Master's student, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan; e-mail: dastanzhas01@gmail.com.

Авторлар туралы мәлімет

Нұрлат Ерболұлы Қадырболат* – Семей қаласындағы Шәкәрім атындағы университетінің «Жылу энергетикасы» мамандығының студенті, Қазақстан; «Бекіуші технологиялар мен жабындар» инжиниринг орталығының ассистенті; e-mail: ersinnur44@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9014-4023>.

Ринат Хамитұлы Қурманғалиев – «Техникалық физика» мамандығының докторанты, Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: rinat_real@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2209-6740>.

Зарина Аскарбековна Сатбаева – PhD; – Семей қаласындағы Шәкәрім атындағы КеАҚ университетінің; Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; ЖШС «Plasma Science» ЖШС ұжымдық қолданыстағы аға ғылыми қызметкер; e-mail: satbaeva.z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>.

Айбек Бақытжанұлы Шынарбек – «Механика және металл өңдеу» мамандығының докторанты, Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; «Бекіуші технологиялар мен жабындар» инжиниринг орталығының жетекші ғылыми қызметкері; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Дастан Маратұлы Жасболатов – «Ғылым және технологиялар жоғары мектебі» факультетінің магистранты Ниигата университеті, Жапония; e-mail: dastanzhas01@gmail.com.

Сведения об авторах

Нұрлат Ерболұлы Қадырболат* – студент специальности «Теплоэнергетика» Университета имени Шакарима города Семей», Казахстан; ассистент ИЦ «Упрочняющие технологии и покрытия»; e-mail: ersinnur44@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-4761>.

Ринат Хамитұлы Курманғалиев – докторант специальности «Техническая физика»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; старший научный сотрудник ИЦ «Упрочняющие технологии и покрытия»: e-mail: rinat_real@rambler.ru. ORCID: [rinat_real@rambler.ru https://orcid.org/0009-0008-2209-6740](https://orcid.org/0009-0008-2209-6740).

Зарина Аскарбековна Сатбаева – PhD; Science professor кафедры «Техническая физика и Теплоэнергетика»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан;

Старший научный сотрудник ТОО «PlasmaScience»; e-mail: satbaeva.z@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>.

Айбек Бакытжанович Шынарбек – докторант специальности «Механика и металлоребработка»; НАО «Университета имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; ведущий научный сотрудник ИЦ «Упрочняющие технологии и покрытия»; e-mail: shinarbekov16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2877-5178>.

Дастан Маратұлы Жасболатов – магистрант факультета «Высшая школа науки и технологий» Ниигатский университет, Япония; e-mail: dastanzhas01@gmail.com.

Received 18.02.2025

Revised 05.03.2025

Accepted 06.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-44](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-44)



IRSTI: 29.19.15

B.K. Rakhadilov¹, R.K. Kussainov², R.K. Kurmangaliyev², M.N. Azlan³, N.E. Musataeva^{2*}

¹LLP «Plasma Science»,

070018, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Gogol str. 7G

²Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings»,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Fizkulturnaya str., 4a,

³Universiti Pendidikan Sultan Idris,

Tanjong Malim, 35900, Perak, Malaysia

*e-mail: naziramusataeva51@gmail.com

THEORETICAL STUDIES OF THERMAL PROCESSES IN ELECTROLYTIC-PLASMA HARDENING

Abstract: *This article examines the theoretical aspects of thermal processes occurring during electrolytic-plasma hardening (EPH), including the analysis of temperature fields and heating rates. The finite difference method was used for numerical modeling, allowing for a more precise determination of the temperature distribution in the treated material. The heat transfer problem in a flat plate with a thickness of 15 mm was considered, where the boundary conditions were as follows: on one boundary, heating was carried out by a surface thermal flux from the electrolyte plasma, while on the opposite side, heat was dissipated through convection in an air medium. The calculations revealed non-uniform temperature distribution over time and depth, confirming the formation of three distinct structural zones: the hardened zone, the heat-affected zone, and the base matrix. The temperature of the samples during the experiment was measured using a thermocouple positioned 2 mm from the heated surface. Experimental data obtained from the treatment of 45 steel samples confirmed the accuracy of the numerical modeling. The research results demonstrate the effectiveness of numerical modeling, including the finite difference method, in optimizing EPH parameters, thereby reducing the volume of experimental work and lowering technology development costs. The obtained data can be used to improve surface hardening technologies for structural steel components used in agricultural machinery, mechanical engineering, and other industries. The study confirms the potential of EPH for enhancing the operational characteristics of steel products.*

Key words: *Electrolytic-plasma hardening, 45 steel, heat conduction equation, numerical modeling, thermal processes.*

Introduction

Modern material processing technologies are aimed at improving their operational properties, such as hardness, wear resistance, corrosion resistance, and high-temperature stability. One of the promising heat treatment methods that allow achieving these goals is electrolytic-plasma hardening (EPH). This method combines the effects of plasma discharge and electrolysis, enabling not only structural modifications of the material's surface layer but also diffusion saturation with various elements such as carbon, nitrogen, and boron.

EPH is widely applied in mechanical engineering, aviation, and the automotive industry, where increased strength and durability of components operating under high mechanical and thermal loads are required. However, the effectiveness of this method largely depends on the correct selection of

processing parameters, such as electrolyte composition, voltage, electrode dimensions, and cooling rate.

This study focuses on the influence of electrolytic-plasma hardening parameters on the properties of 45-grade structural steel, which is extensively used in the manufacturing of agricultural machinery components. Special attention is given to the theoretical study of electrolyte conductivity and thermal processes occurring during EPH, as well as the numerical modeling of temperature fields in treated materials.

The objective of this work is to determine the optimal conditions for electrolytic-plasma processing that ensure maximum surface hardening of steels while minimizing deformations and preserving the geometric parameters of components. To achieve this, theoretical calculations, numerical modeling, and experimental studies were conducted, and their results are presented in this article.

The relevance of this study is driven by the need to enhance the efficiency and precision of heat treatment processes, which is particularly important in the manufacturing of working components subjected to increased loads. The research findings can be used to optimize technological processes in mechanical engineering and other industrial sectors.

An essential aspect of developing heat treatment technologies is considering the thermophysical properties of materials, such as thermal conductivity, heat capacity, and thermal diffusivity. These properties determine how a material responds to thermal exposure and influence the final characteristics of the treated surface. In particular, thermal conductivity coefficients play a key role in heating and cooling processes, which is especially important when processing materials that operate under high-temperature conditions.

A study on the thermal conductivity coefficients of stainless steel 12X18H10T over a wide temperature range has shown that the material's thermal conductivity significantly changes with increasing temperature, which must be taken into account when designing technological processes [1]. These findings align with the results presented in the work "Thermophysical Properties of Metals at High Temperatures", which describes in detail the dependence of various metals' thermophysical properties on temperature [2]. Accounting for these dependencies enables more accurate modeling of heating and cooling processes, which is particularly crucial for electrolytic-plasma processing, where surface temperatures can reach 1400°C or higher.

Another important factor affecting the service life of components is the wear intensity of structural materials. As shown in the study by M.Yu. Kolobov, S.V. Vorobyov, E.V. Mironov, E.Yu. Kuvaeva, S.E. Sakharov, V.V. Kolobova on the impact of technological parameters of equipment on the wear intensity of structural materials (to be included in the references), properly selected processing parameters-such as heating rate, processing time, and electrolyte composition-can significantly reduce wear and increase the durability of components [3]. This study also examines the relationship between EPH process parameters and the wear intensity of steel 45, providing recommendations for optimizing processing conditions to enhance wear resistance.

To refine the technological parameters of electrolytic-plasma processing, this study conducted numerical modeling of temperature fields in 45-grade steel. Currently, this method allows obtaining computational results that align well with analytical solutions and experimental data. During electrolytic-plasma hardening, concentrated energy fluxes induce intense heating of the component, leading to a rapid temperature increase. According to various estimates, the heat flux density can reach $3 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$, which is sufficient to heat a steel sample to 1400 °C. This often results in surface melting, and excessive heating durations may cause deformation of the treated component. Therefore, numerical modeling is advisable to refine the technological parameters of electrolytic-plasma hardening before processing and to reduce the volume of experimental studies.

The use of modern computational methods, such as the finite difference method, provides high accuracy in predicting temperature distribution within the material depth while considering the influence of different processing parameters. The results of numerical modeling are also compared with experimental data to verify the model's accuracy, making this approach a reliable tool for calculating thermal processes in various applications.

Thus, the results of this study contribute to the development of material hardening technologies and can be used to improve the operational characteristics of components in various industries. Considering the thermophysical properties of materials, such as thermal conductivity and diffusivity, along with the influence of process parameters on wear intensity, allows for the optimization of

electrolytic-plasma processing and enhances the durability of components operating under high-stress conditions. The research findings are consistent with data from studies on the thermophysical properties of metals and the impact of processing parameters on material wear, confirming the relevance and practical significance of the conducted research.

Research Methods

Numerical modeling of local heating for 45-grade steel components was conducted for the case of electrolytic-plasma processing (EPP) using a 50kW installation [4], and the obtained calculation results were compared with experimental temperature data measured using a thermocouple. For the study, steel 45 plates (70×50×15 mm³) were selected as the material (Figure 1). The chemical composition of 45-grade steel is presented in Table 1.

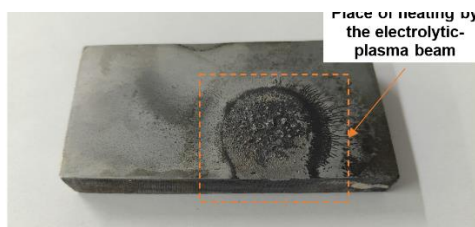


Figure 1 – Steel plate heated by EPH

Before processing, the surface of the samples was leveled using a TROJAN GP-1A grinding machine, followed by manual finishing on a flat glass surface using abrasive sandpaper. The grinding process was performed in stages, starting with coarse sandpaper (grit P100) and finishing with finer sandpaper (grit P2500). Residual grinding marks were eliminated by polishing on an unstretched fabric using a paste containing dispersed chromium oxide particles.

Table 1 – Chemical Composition of 45 Steel

C (Carbon)	Si (Silicon)	Mn (Manganese)	P (Phosphorus)	S (Sulfur)	Cr (Chromium)	Ni (Nickel)	Cu (Copper)	Fe (Iron)
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	< 0,03	< 0,035	< 0,25	< 0,30	< 0,30	other

This study investigates the heat transfer problem in a metal plate of finite thickness L . For a semi-infinite body, calculations were performed using an analytical formula. In the case of a plate with finite thickness L , assuming that the heating (or cooling) process occurs in one direction, the mathematical model is described by the one-dimensional heat conduction equation:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

where ρ is the density of the material, c_p - is the specific heat capacity, λ - is the thermal conductivity coefficient, and $T(x,t)$ - represents the temperature at point x at time t . The plate occupies the interval $[0, L]$ along the x -axis. It is assumed that the initial condition is given as

$$T(x, t) = T_0,$$

indicating that at the initial moment, the temperature of the plate is equal to the ambient temperature T_0 .

Solving the heat conduction problem allows determining the temperature distribution $T(x, t)$ across the thickness of the plate over time. Based on this, other physical quantities such as the heating rate $\frac{\partial T}{\partial t}$, can be calculated, or the temperature at a specific point x can be determined.

Numerical calculations were performed using the Python programming language in the PyCharm 2024.3 environment, utilizing libraries for mathematical computations and data visualization. The work was conducted on a 64-bit Windows 11 operating system.

The heat conduction calculation algorithm for a plate of finite thickness L consists of several steps. First, the user specifies the thermophysical properties of the material (ρ, c_p, λ), the plate thickness L , the step sizes for coordinate Δx and time Δt , as well as initial and boundary conditions (e.g., heat flux q_0 , its duration τ , convection coefficient h , ambient temperature T_{env} , and other parameters).

$$Fo = \alpha \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} < 0.5 \quad (2),$$

where $\alpha = \lambda / \rho c_p$.

Next, arrays are created to store the coordinates x (from 0 to L with step Δx) and the initial temperature distribution $T(x, 0)$. A time loop is then executed (from $t = 0$ to $t = \max$ with step Δt). At each time step, for all internal nodes $i = 1, \dots, N_{x-2}$ the explicit finite difference scheme is applied:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + Fo(T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n) \quad (3).$$

The scheme of the solved problem is shown in figure 2.

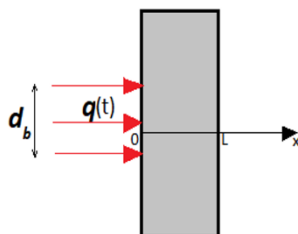


Figure 2 – Heat conduction problem scheme for a flat plate made of steel 45

During the calculations, the program generates an array T_i^n , which stores temperature values depending on the coordinate and time. The results are visualized using the Matplotlib library:

- 1) A temperature map $T(x, t)$ in a color scale,
- 2) Graphs of temperature distribution $T(x)$ at different moments in time.
- 3) Temperature variation curves $T(t)$ at fixed points.

Thus, the mathematical model represents a classical boundary-value problem for the heat conduction equation. The Python-based program is implemented using an explicit finite-difference scheme, which takes into account realistic or assigned boundary conditions for heating and cooling. The obtained results allow comparing calculated data with analytical solutions and experimental measurements. If necessary, the grid parameters (Δx , Δt) can be adjusted or boundary conditions can be modified over time, for instance, by terminating the heat flux at a specific moment τ .

Numerical modeling is based on solving the heat conduction equation using the finite-difference method with an explicit scheme. This approach allows for a detailed calculation of the temperature field in a metallic plate of finite thickness. It is assumed that the plate interacts with the surrounding air, which imposes additional boundary conditions: On one surface, a heat flux $q(t)$ (e.g., from an electrolytic plasma heat source) is applied. On the opposite surface, convective heat exchange with air occurs. This methodology provides a comprehensive description of thermal processes in the material, considering not only internal heat conduction but also heat dissipation into the surrounding medium. By selecting appropriate spatial Δx and temporal Δt step sizes that satisfy stability criteria, it becomes possible to dynamically track how heat propagates from the heated surface to deeper layers and subsequently dissipates when the heat source is turned off. The outcome of the modeling is the temperature field $T(x, t)$ and its evolution over time.

The general form of the heat conduction equation is written as:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q(x, t), \quad (4)$$

where: ρ – density of the material, c_p – specific heat capacity, λ – thermal conductivity coefficient, T – temperature, $Q(x, t)$ – volumetric heat source (electrolytic plasma beam) (W/m^3).

The equation is solved using the explicit finite-difference scheme:

$$\rho c_p \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \lambda \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}.$$

The boundary conditions for the heat conduction problem are defined as follows:

- At the left boundary $x=0$ a heat flux $q(t)$ (W/m^2) is applied:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = q(t). \quad (5)$$

- At the right boundary $x = L$, where the plate is in contact with still air at room temperature $T_{env} = 20$, the Newton's Law of Cooling describes the convective heat transfer:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L} = h (T(L, t) - T_{env}). \quad (6)$$

Where h — is the heat transfer coefficient, which for natural convection in still air is typically $10 W/(m^2 \cdot K)$.

The initial condition is given as:

$$T(x, 0) = T_0, \quad (7)$$

where T_0 — is the initial temperature of the sample.

The discretization steps for the coordinate Δx and time Δt in the explicit finite difference scheme must satisfy the stability criterion, which is expressed through the Fourier number as $Fo < 0.5$:

$$Fo = \frac{\lambda \Delta t}{\rho c_p (\Delta x)^2} < 0.5. \quad (8)$$

where:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p}.$$

This criterion ensures that for a fixed spatial step Δx a sufficiently small time step Δt , must be chosen to prevent numerical instability. If the condition $Fo < 0.5$ is not met, approximation errors may accumulate rapidly, leading to incorrect simulation results. Therefore, adhering to this stability criterion is crucial for ensuring the accuracy of the temperature distribution calculations over time and space.

Results and Discussion

Figures 3 and 4 present graphs of temperature variations in the sample over time and across its thickness, calculated using the finite difference method.

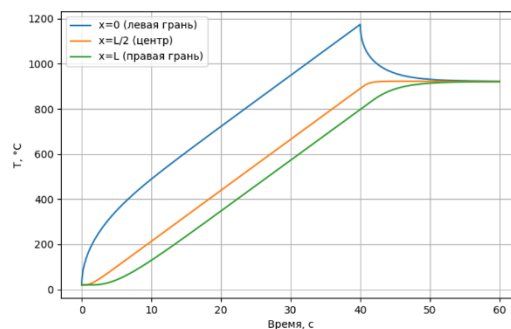


Figure 3 – Graph of temperature change in the sample

In Figure 4, the x-axis represents time $t(c)$, while the y-axis represents temperature $T(^{\circ}C)$. The graph contains three curves corresponding to different points within the plate: $x = 0$ – the left surface in contact with the electrolytic-plasma beam source; $x = L/2$ – the midpoint of the sample, $x = L$ – the right surface, where heat dissipates into the air due to convection.

The graph shows that the temperature at the left boundary reaches its maximum value towards the end of the heating phase at $t = 40$ c after which it begins to decrease. In contrast, the center of the sample and the right boundary experience a gradual increase in temperature, which continues even after heating has stopped, as heat propagates deeper into the material. By $t = 60$ c the temperature becomes uniform across all points.

Figure 3 depicts the temperature distribution T as a function of depth z (mm) for different time intervals. Each curve corresponds to a specific time moment. It is evident that over time, the surface at $x = 0$, for different time intervals. Each curve corresponds to a specific time moment. It is evident that over time, the surface at $x = 15$ mm, the temperature is lower and barely increases at the initial moments. However, as time progresses, the temperature profile gradually rises, indicating heat diffusion into the material. After the electrolytic-plasma beam heating stops (at $t = 45$ s and $t = 55$ s) the temperature equalizes across the sample. Interestingly, beyond $x = 6,5$ mm the temperature exceeds that at $t = 40$ s, which is explained by continued heat transfer from the left to the right boundary after heating has stopped.

For comparison, Figure 5 presents the temperature distribution across the depth of the sample during cooling, obtained using an analytical method based on the equation [8]:

$$T(z, t) = \frac{2 \cdot A \cdot q_0}{\lambda} \cdot \left[\sqrt{a \cdot t} \cdot \operatorname{ierfc} \left(\frac{z}{2 \cdot \sqrt{a \cdot t}} \right) - \sqrt{a(t - \tau)} \cdot \operatorname{ierfc} \left(\frac{z}{2 \cdot \sqrt{a(t - \tau)}} \right) \right], \quad (9)$$

where: t – current time ($t > \tau$), τ – heating duration.

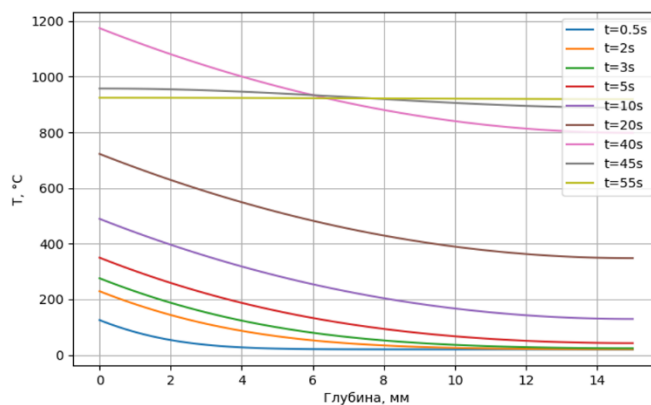


Figure 4 – Graph of temperature distribution along the depth of the part

This formula describes the temperature distribution $T(z, t)$ through the functions $\sqrt{a \cdot t}$ and $ierfc\left(\frac{z}{2 \cdot \sqrt{a \cdot t}}\right)$. It assumes a semi-infinite medium model and does not account for heat reflection from the opposite boundary or complex boundary conditions. At large time values and greater depths, the temperature stabilizes into a plateau when the formula limits heating to $t > \tau$. This leads to smooth but eventually converging curves after heating ceases.

The main difference between the two approaches is that the analytical method is applicable for a semi-infinite body or cases with a limited heating time condition $t > \tau$. In contrast, the finite difference method accounts for the finite thickness of the sample and the boundary conditions at the opposite surface, allowing a more realistic description of temperature behavior at longer times and deeper regions of the material.

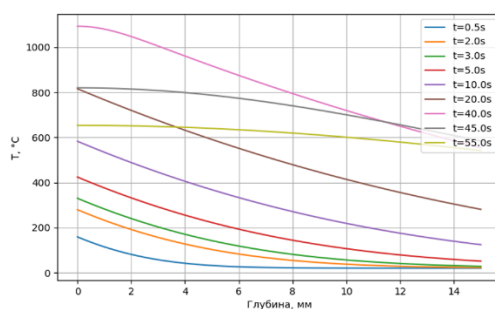


Figure 5 – Graphs of temperature distribution along the depth at different moments during and after heating

Figure 6 presents the heating rate field, calculated using the finite difference method. The graph illustrates how the heating rate $\frac{\partial T}{\partial t}$ evolves considering the finite thickness of the plate and realistic boundary conditions. In the initial phase (up to 5 s), the maximum heating rate is observed near the heated surface, due to intensive thermal exposure. As heat propagates deeper, the active heating zone shifts, and at longer times, the heating rate decreases as heat dissipates within the material.

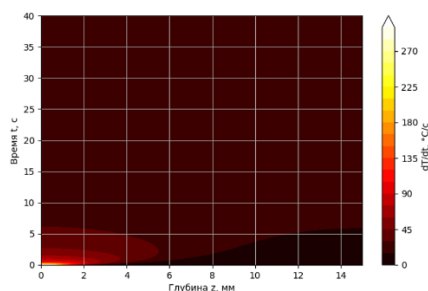
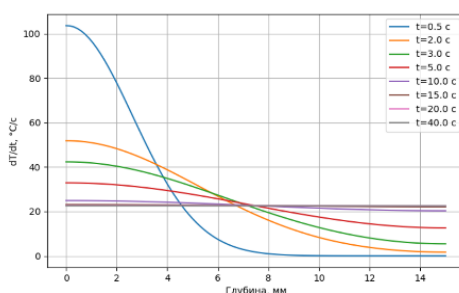


Figure 6 – Temperature distribution field along the depth of the part, calculated using the finite difference method

The results presented in Figure 6 indicate that the finite difference method provides a more precise reflection of the influence of the second boundary of the plate, especially at longer time values t . The analytical approach for a semi-infinite body produces a smooth heating rate distribution, but it does not account for heat exchange effects at the opposite boundary, leading to a more extended and less pronounced heating zone in the region $z > 10$ мм. Similar conclusions can be drawn from the analysis of the heating rate graph across the depth of the sample, presented in Figure 7.

In Figure 7, it is evident that at the moment heating is turned off, the heating rate at the surface sharply transitions into the negative region, indicating the cooling process. This is due to the consideration of the finite thickness of the sample and realistic boundary conditions at the opposite boundary.



Heating rate along the depth of the part, calculated using the finite difference method
Figure 7 – Graph of heating rates along the depth of the part

Table 2 presents the experimental data of the average temperature measured in four steel 45 plate samples at a distance of 2 mm from the heated surface. The data include both theoretical and experimental temperature values at different time intervals.

Table 2. – Experimental Temperature Data of Steel 45 Plate at 2 mm Distance from the Heated Surface

№	Time, s	Temperature, °C	
		Theoretical Calculation	Experiment
1	0	20	20
2	0,5	91,22	50
3	2	146,64	180
4	3	190,85	200
5	5	262,44	250
6	10	400,32	420
7	15	519,79	620
8	20	635,25	700
9	30	864,06	900
10	40	1092,34	1050
11	45	963,94	940
12	50	940,03	800
13	55	934,46	780
14	60	932,85	700

Theoretical results (represented by black squares in Figure 8) closely align with experimental data (red circles) during the initial heating phase (up to $t = 10$ s). However, between 10-20 s, there is a noticeable deviation: the numerical method underestimates the temperature values compared to the experimental results. At $t = 40$ s, the model predicts a higher peak temperature (1090°C), whereas the experiment recorded a maximum temperature of 1050°C. During the cooling phase (40-60 s), the calculated temperature decreases more slowly than the experimental data: in experiments, the temperature drops to 700-800°C, while in theoretical calculations, it remains at 930-940°C.

Possible reasons for these discrepancies include simplifications in the mathematical model (e.g., not accounting for heat loss due to radiation or incomplete consideration of convective heat transfer) and experimental measurement errors (e.g., abrupt switching off of the heat source or sensor placement issues). However, the overall heating and cooling dynamics remain sufficiently accurate, confirming the model's applicability for engineering assessments.

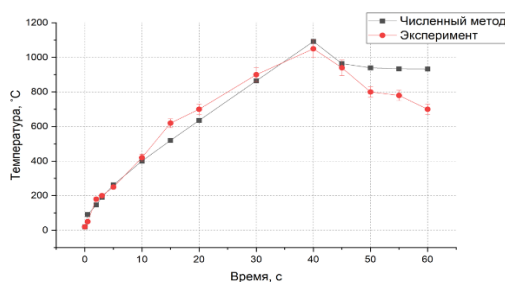


Figure 8 – Graph of heating rates along the depth of the part

Additionally, the temperature distribution within the sample promotes the formation of three main structural zones during heat treatment: quenching zone, thermal influence zone, base matrix.

Conclusion

In this article, a theoretical study of thermal processes during EPH of structural steel 45 has been conducted. The main focus was on the analysis of temperature fields and heating rates, as well as numerical modeling of temperature distribution in the processed material.

For solving the heat transfer problem, numerical calculations using the finite difference method were applied. The results of numerical modeling showed that the heating rate could reach 200°C/s, which contributes to the formation of a martensitic structure with enhanced hardness. Non-uniform temperature distribution over time and depth was identified, confirming the existence of three structural zones: the quenching zone, the thermal influence zone, and the base matrix. The analytical method, while applicable for a semi-infinite body, does not account for the finite thickness of the sample and complex boundary conditions, making it less accurate in describing real-world processes.

Experimental data, obtained from processed steel 45 samples, confirmed the accuracy of numerical modeling, although some discrepancies were noted due to simplifications in the model and measurement errors. The finite difference method, considering finite plate thickness and boundary conditions on the opposite side, provided a more realistic description of temperature behavior at longer times and deeper material layers.

The study demonstrated the effectiveness of numerical modeling for optimizing EPH parameters, which allows for reducing the volume of experimental work and lowering costs in technology development. The obtained data can be used to improve surface hardening technologies for structural steel parts used in agricultural machinery, mechanical engineering, and other industries.

Thus, the study confirms the promising application of electrolytic-plasma hardening for improving the performance characteristics of steel products, such as hardness, wear resistance, and high-temperature durability. Taking into account thermophysical properties of materials and processing parameters enables optimization of EPH processes and enhancement of component durability operating under high loads.

References

1. Thermal conductivity coefficients of stainless steel 12X18H10T in a wide temperature range / S.V. Stankus et al // High-Temperature Thermophysics. – 2008. – Vol. 46, № 5. – P. 795-797.
2. Zinoviev V.E. Thermophysical properties of metals at high temperatures / V.E. Zinoviev // Handbook. – Metallurgy, 1989.
3. Influence of equipment process parameters on the wear intensity of structural materials / M.Yu. Kolobov et al // Russian Chemical Journal. – 2023. – Vol. 67, № 1. – P. 64-69.
4. Influence of plasma-electrolytic hardening regimes on the structure and properties of 65G steel / B.K. Rakhadilov et al // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2021. – Vol. 5, № 3. – P. 209-221.
5. Belkin P.N. Plasma-electrolytic hardening of steels: Review / P.N. Belkin, S.A. Kusmanov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2016. – Vol. 52, № 6. – P. 531-546.
6. Influence of electrolytic-plasma surface hardening on the structure and strength properties of ferrite-pearlite class steel for wheels / B.K. Rakhadilov et al // Eurasian Journal of Physics and Functional Materials. – 2020. – Vol. 4, № 2. – P. 167-173.
7. Kusainov R.K. et al. Application of electrolytic-plasma hardening to improve the properties of machine parts made of steel 45.

8. Chepachenko Yu.I. Finite difference method for solving the heat conduction equation. – 2012.
9. Konyaeva N.I. Review of methods for restoring worn-out tillage machine parts / N.I. Konyaeva, N.V. Konyaev // Modern Materials, Equipment, and Technologies. – 2023. – № 1 (46). – P. 60-a.
10. Influence of electrolytic-plasma surface hardening on the structure and properties of 40XH steel / G.M. Toktarbaeva et al // Bulletin of the East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev. – 2020. – № 1. – P. 199-204.
11. Rakhadilov B.K. Improving the wear resistance of automatic coupler device parts through electrolytic-plasma surface hardening / B.K. Rakhadilov, Ye. Kyzyrkhan, L.G. Zhurerova // Bulletin of the East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev. – 2016. – № 3. – P. 117-121.
12. Bobanova Zh.I. Wear-resistant galvanic coatings based on iron alloys / Zh.I. Bobanova, S.P. Sidelnikova, D.M. Kroitoru // Electronic Processing of Materials. – 2004. – № 1. – P. 18-24.
13. Gadiyeva S.S. Application of finite difference methods for solving model heat and mass transfer equations / S.S. Gadiyeva, P.F. Gakhramanov // Bulletin of the Dagestan State University. Series 1: Natural Sciences. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 38-46.
14. Kobychев A.A. Study of the heat conduction equation using the finite difference method / A.A. Kobychев, V.A. Kobychев, N.N. Karavaeva. – 2010.
15. Popov N.M. Investigation of an algorithm for solving the heat conduction differential equation using the finite difference method / N.M. Popov // Automation and Energy Saving in Mechanical Engineering, Energy, and Transport. – 2022. – P. 236-241.
16. Modification of the surface of 30KhGSA steel using electrolytic-plasma thermocyclic hardening / B.K. Rakhadilov et al // New Materials and Technologies: Powder Metallurgy, Composite Materials, Protective Coatings, Welding. – 2022. – P. 610-616.

Б.К. Рахадиллов¹, Р.К. Кусаинов², Р.Х. Курмангалиев², М.Н. Азлан³, Н.Е. Мусатаева²

¹ТОО «Plasma Science»,

070000, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Гоголя, 7Г

²Инжиниринговый центр «Упрочняющие технологий и покрытия»,

Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Физкультурная, 4а,

³Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim,

35900, Перак, Малайзия

*e-mail: naziramusataeva51@gmail.com

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКЕ

В статье рассмотрены теоретические аспекты тепловых процессов, происходящих при ЭПУ, включая анализ температурных полей и скоростей нагрева. Для численного моделирования использован метод конечных разностей, что позволило более точно определить распределение температуры в обрабатываемом материале. Рассматривалась задача теплопереноса в плоской пластине толщиной 15 мм, при котором граничные условия были следующими: на одной границе производился нагревание поверхностным тепловым потоком электролитной плазмы, с противоположной стороны тепло отводилось за счет конвекции в воздушной среде. Расчеты показали неравномерность распределения температуры по времени и глубине, что подтверждает возникновения трех разных структурных зон: зоны закалки, зоны термического воздействия и основной матрицы. Температура образцов при эксперименте измерялась с помощью термпары на расстоянии 2 мм от нагреваемой поверхности. Экспериментальные данные, полученные при обработке образцов из стали марки 45, подтвердили корректность численного моделирования. Результаты исследования демонстрируют эффективность использования численного моделирования, включая метод конечных разностей, для оптимизации параметров ЭПУ, что сокращает объем экспериментальных работ и снижает затраты на разработку технологий. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования технологий упрочнения поверхностей деталей из конструкционных сталей, применяемых в сельскохозяйственной технике, машиностроении и других отраслях промышленности. Исследование подтверждает перспективность применения ЭПУ для повышения эксплуатационных характеристик стальных изделий.

Ключевые слова: Электролитно-плазменное упрочнение, сталь 45, уравнение теплопроводности, численное моделирование, тепловые процессы.

Б.К. Рахадиллов¹, Р.К. Кусаинов², Р.Х. Курманғалиев², М.Н. Азлан³, Н.Е. Мусатаева^{2*}

¹«Plasma Science» ЖШС,

070000, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Гоголь көшесі, 7Г
²«Беріктендіру технологиялары мен жабындары» инженерлік орталығы,
Шәкәрім атындағы Семей университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., дене шынықтыру к-сі, 4а

³Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim,
35900, Перак, Малайзия

*e-mail: naziramusataeva51@gmail.com

ЭЛЕКТРОЛИТТИК-ПЛАЗМАЛЫҚ СӨНДІРУДЕГІ ЖЫЛУ ПРОЦЕСТЕРІН ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Бұл мақалада ЭПУ кезінде жүретін жылу процестерінің теориялық аспектілері, оның ішінде температуралық өрістер мен қыздыру жылдамдықтарын талдау қарастырылған. Сандық модельдеу үшін соңғы айырмалар әдісі қолданылып, материалдағы температураның таралуын дәлірек анықтауға мүмкіндік берді. Жылу тасымалдау мәселесі қалыңдығы 15 мм болатын жазық пластина үшін қарастырылды, онда шекаралық шарттар келесідей болды: бір жағында электролиттік плазманың беткі жылу ағынымен қыздыру жүргізілді, ал қарама-қарсы жағында жылу ауа ортасы арқылы конвекция есебінен әкетілді. Есептеулер температураның уақыт пен тереңдік бойынша біркелкі бөлінбейтінін көрсетті, бұл үш түрлі құрылымдық аймақтың пайда болуын дәлелдейді: шынықтыру аймағы, термиялық әсер ету аймағы және негізгі матрица. Эксперимент кезінде үлгілердің температурасы қыздырылатын беттен 2 мм қашықтықта термопара көмегімен өлшенді. 45 маркалы болат үлгілерін өңдеу нәтижесінде алынған эксперименттік деректер сандық модельдеудің дұрыстығын растады. Зерттеу нәтижелері электролиттік-плазмалық шынықтыру параметрлерін оңтайландыру үшін соңғы айырмалар әдісін қоса алғанда, сандық модельдеуді қолданудың тиімділігін көрсетті, бұл эксперименттік жұмыстардың көлемін қысқартып, технологияларды әзірлеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Алынған деректер ауыл шаруашылығы техникасында, машина жасауда және өнеркәсіптің басқа салаларында қолданылатын құрылымдық болаттан жасалған бөлшектердің беттерін нығайту технологияларын жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу ЭПУ-ды болат бұйымдардың жұмыс сипаттамаларын, соның ішінде қаттылықты, тозуға төзімділікті және жоғары температураларға төзімділікті арттыру үшін қолданудың перспективалы әдіс екенін растайды.

***Түйін сөздер:** Электролиттік-плазмалық шынықтыру, 45 маркалы болат, жылу өткізгіштік теңдеуі, сандық модельдеу, жылу процестері.*

Information about the authors

Bauyrzhan Rakhadilov – PhD, Vice-rector on scientific work of Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

Rinat Kenzheevich Kusainov – Head of the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings», Semey, Kazakhstan; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

Rinat Khamituly Kurmangaliev – Junior Researcher at the Engineering Center «Strengthening Technologies and Coatings», Semey, Kazakhstan; e-mail: rinat_real@rambler.ru.

Muhammad Noorazlan Bin Abd Azis – PhD, Associate Professor, Nano Center, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim, Perak, Malaysia; e-mail: azlanmn@fsmpt.ups.edu.my.

Nazira Musataeva* – Student of the F-302 group, Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: naziramusataeva51@gmail.com.

Авторлар туралы ақпарат

Бауыржан Рахадиллов – PhD, Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің ғылыми жұмыс жөніндегі проректоры, Өскемен, Қазақстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

Ринат Кенжеұлы Кусаинов – «Берік технологиялар және жабындар» инженерлік орталығының жетекшісі, Семей, Қазақстан; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

Ринат Хамитұлы Құрманғалиев – «Берік технологиялар және жабындар» инженерлік орталығының кіші ғылыми қызметкері, Семей, Қазақстан; e-mail: rinat_real@rambler.ru.

Мұхаммад Нуразлан Бин Абд Азис – PhD, доцент, Наноорталық, Ғылым және математика факультеті, Сұлтан Идрис атындағы Білім беру университеті, Танжонг Малим, 35900, Перак, Малайзия; e-mail: azlanmn@fsmpt.ups.edu.my.

Назира Мусатаева* – F-302 тобының студенті, Шәкәрім атындағы Семей университеті, Қазақстан; e-mail: naziramusataeva51@gmail.com.

Информация об авторах

Бауржан Рахадиллов – PhD, проректор по научной работе Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru.

Ринат Кенжеевич Кусаинов – руководитель Инжинирингового центра «Упрочняющие технологии и покрытия», Семей, Казахстан; e-mail: rinat.k.kus@mail.ru.

Ринат Хамитулы Курмангалиев – младший научный сотрудник Инжинирингового центра «Упрочняющие технологии и покрытия», Семей, Казахстан; e-mail: rinat_real@rambler.ru.

Мухаммад Нуразлан Бин Абд Азис – PhD, доцент, Наноцентр, факультет науки и математики, Университет образования султана Идриса, Танджонг Малим, Перак, Малайзия; e-mail: azlanmn@fsmt.upsi.edu.my.

Назира Мусатаева* – студентка группы F-302, Университет имени Шакарима города Семей, Казахстан; e-mail: naziramusataeva51@gmail.com.

Received 26.02.2025

Revised 03.03.2025

Accepted 04.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-45](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-45)



МРНТИ: 61.51.00

**Е.Н. Мясоедова*, Ж.К. Алдажуманов, Д.В. Мясоедов, А.Н. Шалаганова,
А.Е. Сатыбалдинова**

Университет имени Шакарима города Семей,
071410, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20А
*e-mail: Kate_white89@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕЛЕФОНОВ

Аннотация: Статья посвящена сравнительному анализу радиационного излучения, которое исходит от различных моделей мобильных телефонов. Целью исследования является определение уровней излучения, а также их соответствие допустимым нормам, установленным международными стандартами. В рамках работы были проведены дозиметрические измерения, позволяющие оценить интенсивность излучения каждой модели, а также выявить возможные отклонения от предельно допустимых значений. Сравнение телефонов проводилось по ключевым показателям, таким как величина специфической поглощённой мощности (SAR) и уровень ионизирующего излучения. Уделено особое внимание методологии измерений, чтобы обеспечить точность и воспроизводимость результатов. Дополнительно в статье рассматриваются факторы, влияющие на уровень излучения, такие как конструктивные особенности телефонов, частотные диапазоны и условия эксплуатации. Приведённый анализ позволяет выявить закономерности между техническими характеристиками устройств и их радиационной безопасностью. Полученные данные могут быть полезны не только для конечных пользователей, а также и для производителей, стремящихся к созданию более безопасных устройств. Работа подчеркивает важность информирования населения о потенциальных рисках, связанных с излучением мобильных телефонов, и предлагает практические рекомендации для их минимизации.

Ключевые слова: излучение телефонов, ионизирующее излучение, негативное воздействие, дозиметрия, допустимые нормы.

Введение

Мобильный телефон представляет собой портативное устройство, основная функция которого заключается в обеспечении голосовой связи. Сегодня сотовая связь является наиболее популярным видом мобильной радиосвязи, поэтому термин "мобильный телефон" зачастую ассоциируется именно с сотовым устройством. Это изобретение можно поставить в один ряд с важнейшими достижениями человечества, такими как печатный станок и автомобиль. Если книгопечатание дало возможность сохранять и распространять знания, а автомобиль значительно расширил границы передвижения, то мобильный телефон позволил людям оставаться на связи практически в любой точке планеты и в любое время [1].

С детства многие слышали о потенциальной опасности излучения, исходящего от мобильных телефонов: некоторые даже считают, что их вредно держать в карманах или класть рядом с головой во время сна. Однако изучение воздействия радиочастотного излучения смартфонов на здоровье человека всё ещё находится на начальной стадии. Существует мнение, что сотовые телефоны, как и микроволновые печи, радиотелефоны или телевизоры, являясь источниками сверхвысокочастотного излучения, могут отрицательно влиять на здоровье. Излучение, генерируемое мобильными устройствами, поглощается тканями головы, включая клетки мозга, сетчатку глаз, а также слуховые и зрительные структуры. Чем дольше продолжается разговор по телефону, тем сильнее нагреваются эти ткани под воздействием электромагнитных волн. Облучение происходит на протяжении всего времени общения, так как одна частота создаётся телефоном звонящего, а другая – устройством собеседника. Наибольшая интенсивность излучения наблюдается в момент установления соединения и приёма вызова [2].

Некоторые исследования показывают, что использование мобильных телефонов может быть связано с развитием онкологических заболеваний, однако ряд других научных работ утверждает, что риск для пользователей не превышает уровня, характерного для остального населения. Споры по этому вопросу продолжаются, так как проблема является сложной и требует глубокого научного подхода. Исследования, которые утверждают, что существует взаимосвязь между длительным использованием мобильных устройств и развитием рака, часто основываются на данных о воздействии электромагнитного излучения на клетки организма. Противоположные же результаты, демонстрирующие отсутствие такой зависимости, указывают на недостаточность доказательств или методологические ошибки предыдущих экспериментов. Таким образом, вопрос остается открытым, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований в этой области для получения объективных данных и выработки рекомендаций для населения.

Мобильные телефоны, которые уже давно стали неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека, продолжают оставаться объектом дискуссий относительно их потенциального влияния на здоровье пользователей. Одной из наиболее обсуждаемых и спорных тем является предположение о связи между использованием мобильных устройств и повышением вероятности возникновения онкологических заболеваний. Некоторые научные работы указывают на возможную связь между длительным использованием телефонов и риском развития раковых опухолей, включая опухоли головного мозга, тогда как другие исследования, наоборот, опровергают такие выводы, утверждая, что подобный риск ничем не отличается от общепринятого для всех людей. Таким образом, данный вопрос остается актуальным, вызывая большое количество разногласий и стимулируя новые научные изыскания.

Главным и ключевым вопросом в этой продолжающейся дискуссии является проверка достоверности существующих данных, а также уточнение их научной обоснованности. Для этого ученые используют различные подходы, одним из которых является анализ уровня радиационного излучения, характерного для различных моделей мобильных телефонов. Такое исследование позволяет выявить, насколько мощным является излучение, которое генерируют устройства, и какие его параметры могут представлять потенциальную опасность для здоровья человека. Один из способов оценки заключается в измерении мощности эквивалентной дозы излучения, включая анализ воздействия, сравнимого с рентгеновскими и гамма-лучами. Этот процесс требует сложного оборудования и точного анализа, так как даже небольшие отклонения могут существенно влиять на результаты и выводы.

Технологический процесс передачи данных в мобильных устройствах основан на сложных физических принципах, таких как преобразование звуковых сигналов в электромагнитные волны. Во время телефонного разговора передатчик устройства преобразует звуковую информацию в непрерывную синусоидальную волну, которая затем передается через антенну телефона. Эта закодированная волна распространяется равномерно в окружающем пространстве, где ее принимает другая антенна, отвечающая за дальнейшую передачу данных. Процесс представляет собой последовательное преобразование и передачу информации, обеспечивающее бесперебойную связь между собеседниками, независимо от их географического местоположения.

Электромагнитное излучение, которое генерируется мобильными телефонами, состоит из сочетания электрической и магнитной энергии. Эти волны движутся со скоростью света, что делает процесс передачи данных практически мгновенным. Все виды электромагнитной энергии распределены в пределах так называемого электромагнитного спектра, который охватывает широкий диапазон излучений – от радиоволн низкой частоты до высокоэнергетических рентгеновских и гамма-лучей. Мобильные устройства занимают определенное место в этом спектре, что определяет характеристики их излучения, включая интенсивность и потенциальное воздействие на организм человека.

Таким образом, детальное и всестороннее исследование физических свойств излучения, которое генерируют мобильные устройства, а также анализа их мощности и спектрального диапазона, может сыграть решающую роль в разрешении споров. Только на основе таких данных можно сформировать точное понимание потенциальных рисков для здоровья пользователей и разработать рекомендации, которые помогут минимизировать возможное негативное воздействие [3].

Методы исследования

Согласно действующим санитарным правилам и нормам «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона», допустимая норма напряженности электромагнитного поля составляет 10 мкВт/см² (или же 0,1 Вт/м²). Этот параметр описывает плотность потока энергии (ППЭ), проходящего через человеческое тело [4].

Для проведения измерений величины фотонного ионизирующего излучения дозиметром-радиометром ДРБП-03 были взяты 6 имевшихся моделей телефонов, марки которых присутствуют в списке самых популярных смартфонов в Казахстане.

Определение уровня радиации представляет собой физический подсчет микроэлектроникой прибора всех радиоактивных частиц, проходящих через регистрационную камеру. Подсчет таких частиц за определенную единицу времени приводит к результату, выведенному на дисплее прибора.

Пределы допустимой основной погрешности дозиметра-радиометра при градуировке и проведении измерений в полях непрерывного излучения в диапазоне 0.10 – 1.00 мкЗв/ч составляют не более $\pm(15+4/N)$ %, где N – измеренное значение мощности экспозиционной дозы (МЭД) [5, 6].

Результаты исследований

В ходе выполнения измерений были получены следующие результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни радиации, полученные ДРБП-03

№	Модель телефона	Замер, полученный ДРБП-03, мкЗв/ч		
		В стационарном режиме	В режиме входящего звонка	В режиме исходящего звонка
1	Samsung Galaxy S24	0,26	0,16	0,26
2	Samsung Galaxy S23	0,14	0,23	0,14
3	Xiaomi 13 Pro	0,13	0,19	0,15
4	Xiaomi Redmi 12 Pro	0,17	0,27	0,14
5	Iphone 15 Pro	0,17	0,24	0,22
6	Vivo X90Pro	0,20	0,24	0,16

Для визуального сравнения мобильных излучений ранее приведенных моделей телефонов представлен рисунок 1.

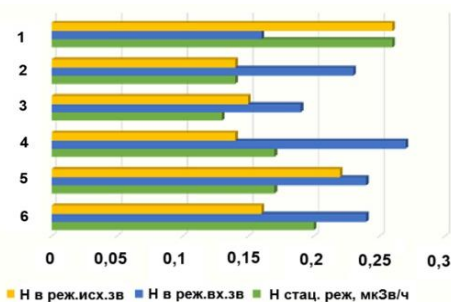


Рисунок 1 – График сравнения ионизирующего излучения телефонов

Уровень радиации, производимой мобильными телефонами, вызывает значительный интерес в научных кругах и среди пользователей. Согласно рекомендациям Международной комиссии по радиационной защите (ICRP) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), радиационный фон, находящийся в пределах 0,1-0,2 мкЗв/ч (10-20 мкР/ч), считается естественным и нормальным. Диапазон 0,2-0,6 мкЗв/ч (20-60 мкР/ч) классифицируется как допустимый уровень, а значения свыше 0,6-1,2 мкЗв/ч (60-120 мкР/ч) оцениваются как повышенные, но не критически опасные [7].

Обсуждение научных результатов

Наибольшее излучение мобильный телефон генерирует в момент установления соединения. Это связано с тем, что устройство в этот период работает на максимальной мощности, чтобы связаться с ближайшей базовой станцией. В процессе самого разговора мощность снижается, особенно если базовая станция расположена поблизости. Частое расположение станций снижает необходимость работы телефона на максимальной мощности, что значительно уменьшает радиационную нагрузку как от телефона, так и от базовых станций.

Для оценки безопасности мобильных телефонов часто используются данные научных исследований. Например, Государственная токсикологическая программа США (NTP) провела масштабный эксперимент, в рамках которого лабораторные мыши подвергались воздействию радиочастотного излучения мощностью до 6 Вт/кг массы тела. Этот уровень существенно превышает допустимые нормы для человека. У некоторых животных при таких условиях наблюдались изменения, включая развитие опухолей мозга и сердца. Однако важно подчеркнуть, что уровень излучения в этом эксперименте значительно превосходит мощность радиосигналов, генерируемых мобильными телефонами.

Для сравнения: если перевести экспериментальные значения на взрослого человека, мощность излучения составила бы порядка 400 Вт, что многократно превышает показатели современных мобильных устройств. В реальных условиях даже при максимальных нагрузках телефоны работают на уровнях, которые в разы ниже, чем использованные в эксперименте, и строго соответствуют установленным международным стандартам безопасности.

Дополнительно, результаты исследований подтверждают, что радиочастотное излучение, создаваемое мобильными устройствами, находится в пределах естественного радиационного фона, характерного для окружающей среды. Уровень этого излучения не достигает значений, которые могли бы вызвать ионизацию или возбуждение атомов и молекул в биологических тканях. Таким образом, современные мобильные телефоны нельзя считать значимым фактором риска для здоровья человека в контексте развития опухолей или других серьезных заболеваний, связанных с радиационным воздействием. Все данные подтверждают, что использование современных телефонов безопасно при соблюдении рекомендаций производителей [9, 10].

Заключение

Среди протестированных устройств наибольшее излучение зарегистрировано у моделей Samsung Galaxy S24 и Vivo X90Pro, однако их показатели остаются в пределах допустимых норм. Это означает, что даже при максимальной нагрузке их излучение не представляет значительной угрозы для здоровья пользователя.

Для снижения потенциальных рисков следует придерживаться следующих правил:

Использование гарнитуры или громкой связи. Это позволяет уменьшить контакт головы и тела с излучением, поскольку телефон находится на расстоянии от пользователя.

Избегание ношения телефона близко к телу. Не рекомендуется носить устройства в карманах одежды, особенно в области груди или тазовой зоны.

Ограничение длительных разговоров при слабом сигнале. Когда сигнал сети слабый, телефон автоматически увеличивает мощность передатчика, что приводит к росту уровня излучения.

Выбор телефонов с низким уровнем SAR. SAR (Specific Absorption Rate) – это показатель уровня поглощения энергии тканями тела. Рекомендуется выбирать устройства с минимальным значением SAR, которое указывается в технической документации.

Современные мобильные телефоны, при соблюдении правил эксплуатации, не представляют значительной опасности для здоровья. Однако внимательное отношение к

выбору устройства и соблюдение рекомендаций по его использованию помогут минимизировать возможные риски, связанные с радиационным воздействием.

Список литературы

1. Семенов Я.П. Польза и вред мобильных телефонов / Я.П. Семенов, Л.Х. Токарева // Юный ученый. – 2021. – № 3.1(44.1). – С. 65-68. URL: <https://moluch.ru/young/archive/44/2478/> (дата обращения: 28.11.2024).
2. Futak D.S. Comparative Analysis of Radiation Emissions from Smartphones and Landline Telephones: Implications for Cancer and Medical Conditions [Электронный ресурс] / D.S. Futak, P. Wankhede // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2021. – Режим доступа: <https://www.ijraset.com>, свободный. – (Дата обращения: 11.11.2024).
3. Радиация, излучаемая мобильными телефонами // Guru.ua. — URL: <http://enc.guru.ua> (дата обращения: 10.11.2024).
4. New Study on 5G vs 4G Radiation Exposure: Higher Real-World Exposure from 5G Phones [Электронный ресурс] // Environmental Health Trust. – 2023. – Режим доступа: <https://ehtrust.org>, свободный. – (Дата обращения: 17.11.2024).
5. How Much Radiation is Emitted by Popular Smartphones? [Электронный ресурс] // Visual Capitalist. – 2022. – Режим доступа: <https://www.visualcapitalist.com>, свободный. – (Дата обращения: 07.11.2024).
6. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации 2007 года Международной комиссии по радиационной защите. – Москва: Изд-во ОФЭКТ ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
7. Comparison of Nokia, Samsung, and Sony Mobile Phones in the Specific Absorption Rate of Head Induced to Electric Field [Электронный ресурс] // International Journal of Medical Research & Health Sciences (IJMRHS). – 2019. – Режим доступа: <https://www.ijmrhs.com>, свободный. – (Дата обращения: 20.10.2024).
8. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных / С.П. Ярмоненко. – Москва: Высшая школа, 1988. – 500 с.
9. Das S. Specific Absorption Rate (SAR) Assessment of Mobile Handsets / S. Das, R. Ghosh // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2021.
10. Власов А.В. Радиационная безопасность мобильных устройств / А.В. Власов. – Москва: ТехноПресс, 2022. – 256 с.

References

1. Semenov YA.P. Pol'za i vred mobil'nykh telefonov / YA.P. Semenov, L.KH. Tokareva // Yunyi uchenyi. – 2021. – № 3.1(44.1). – S. 65-68. URL: <https://moluch.ru/young/archive/44/2478/> (data obrashcheniya: 28.11.2024). (In Russian).
2. Futak D.S. Comparative Analysis of Radiation Emissions from Smartphones and Landline Telephones: Implications for Cancer and Medical Conditions [Ehlektronnyi resurs] / D.S. Futak, P. Wankhede // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2021. – Rezhim dostupa: <https://www.ijraset.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 11.11.2024). (In English).
3. Radiatsiya, izluchaemaya mobil'nymi telefonami // Guru.ua. — URL: <http://enc.guru.ua> (data obrashcheniya: 10.11.2024). (In Russian).
4. New Study on 5G vs 4G Radiation Exposure: Higher Real-World Exposure from 5G Phones [Ehlektronnyi resurs] // Environmental Health Trust. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://ehtrust.org>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 17.11.2024). (In English).
5. How Much Radiation is Emitted by Popular Smartphones? [Ehlektronnyi resurs] // Visual Capitalist. – 2022. – Rezhim dostupa: <https://www.visualcapitalist.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 07.11.2024). (In English).
6. Publikatsiya 103 MKRZ. Rekomendatsii 2007 goda Mezhdunarodnoi komissii po radiatsionnoi zashchite. — Moskva: Izd-vo OFEHKT PKF «AlanA», 2009. – 312 s. (In Russian).
7. Comparison of Nokia, Samsung, and Sony Mobile Phones in the Specific Absorption Rate of Head Induced to Electric Field [Ehlektronnyi resurs] // International Journal of Medical Research & Health Sciences (IJMRHS). – 2019. – Rezhim dostupa: <https://www.ijmrhs.com>, svobodnyi. – (Data obrashcheniya: 20.10.2024). (In English).

8. Yarmonenko S.P. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh / S.P. Yarmonenko. – Moskva: Vysshaya shkola, 1988. – 500 s. (In Russian).
9. Das S. Specific Absorption Rate (SAR) Assessment of Mobile Handsets / S. Das, R. Ghosh // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2021. (In English).
10. Vlasov A.V. Radiatsionnaya bezopasnost' mobil'nykh ustroystv / A.V. Vlasov. – Moskva: TekhnOPress, 2022. – 256 s. (In Russian).

Е.Н. Мясоедова*, Ж.К. Алдажуманов, Д.В. Мясоедов, А.Н. Шалаганова, А.Е. Сатыбалдинова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071410, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20А
*e-mail: Kate_white89@mail.ru

ТЕЛЕФОН ТҮРЛІ МҮЛГІЛЕРІНІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ РАДИАЦИЯСЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Мақала әртүрлі ұялы телефон үлгілерінен келетін радиациялық сәулеленуді салыстырмалы талдауға арналған. Зерттеудің мақсаты сәулелену деңгейлерін анықтау, сондай-ақ олардың халықаралық стандарттарда белгіленген рұқсат етілген нормаларға сәйкестігі болып табылады. Жұмыс аясында әр модельдің сәулелену қарқындылығын бағалауға, сондай-ақ рұқсат етілген шекті мәндерден ықтимал ауытқуларды анықтауға мүмкіндік беретін дозиметриялық өлшеулер жүргізілді. Телефондарды салыстыру белгілі бір сіңірілген қуат мөлшері (SAR) және иондаушы сәулелену деңгейі сияқты негізгі көрсеткіштер бойынша жүргізілді. Нәтижелердің дәлдігі мен қайталануын қамтамасыз ету үшін өлшеу әдістемесіне ерекше назар аударылады. Сонымен қатар, мақалада сәулелену деңгейіне әсер ететін факторлар қарастырылады, мысалы, телефондардың дизайн ерекшеліктері, жиілік диапазондары және жұмыс жағдайлары. Жоғарыда келтірілген талдау құрылғылардың техникалық сипаттамалары мен олардың радиациялық қауіпсіздігі арасындағы заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Алынған мәліметтер тек соңғы пайдаланушылар үшін ғана емес, сонымен қатар қауіпсіз құрылғылар жасауға ұмтылатын өндірушілер үшін де пайдалы болуы мүмкін. Жұмыс халықты ұялы телефондардың сәулеленуіне байланысты ықтимал қауіптер туралы хабардар етудің маңыздылығын көрсетеді және оларды азайту үшін практикалық нұсқаулар береді.

Түйін сөздер: телефондық сәулелену, иондаушы сәулелену, теріс әсер ету, дозиметрия, рұқсат етілген нормативтер.

E. Myassoedova*, J. Aldazhumanov, D. Myassoedov, A. Shalaganova, A. Satybaldinova

University named after Shakarim of Semey,
071410, RK, Semey city, Glinki street 20A
*e-mail: Kate_white89@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIATION RADIATION OF VARIOUS TELEPHONE MODELS

The article is devoted to the comparative analysis of radiation radiation that comes from various models of mobile phones. The purpose of the study is to determine the radiation levels, as well as their compliance with acceptable standards established by international standards. As part of the work, dosimetric measurements were carried out to assess the radiation intensity of each model, as well as to identify possible deviations from the maximum permissible values. The phones were compared according to key indicators, such as the amount of specific absorbed power (SAR) and the level of ionizing radiation. Special attention is paid to the measurement methodology to ensure the accuracy and reproducibility of the results. Additionally, the article discusses factors affecting the radiation level, such as the design features of phones, frequency ranges and operating conditions. The above analysis allows us to identify patterns between the technical characteristics of devices and their radiation safety. The data obtained can be useful not only for end users, but also for manufacturers seeking to create more secure devices. The work highlights the importance of informing the public about the potential risks associated with mobile phone radiation and offers practical recommendations to minimize them.

Key words: phone radiation, ionizing radiation, the negative effects, dosimetry, acceptable norms.

Авторлар туралы мәліметтер

Екатерина Николаевна Мясоедова* – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Жан Касенович Алдажуманов – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

Дмитрий Викторович Мясоедов – техника ғылымдарының магистрі, «IT технологиялық» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Алмагуль Ныгметовна Шалаганова – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – техника ғылымдарының магистрі, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

Сведения об авторах

Екатерина Николаевна Мясоедова* – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Жан Касенович Алдажуманов – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>

Дмитрий Викторович Мясоедов – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «IT технологий»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Алмагуль Ныгметовна Шалаганова – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

Айгерим Еркеновна Сатыбалдинова – магистр технических наук, преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

Information about the authors

Ekaterina Nikolaevna Myassoedova* – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: Kate_white89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2142-3483>.

Zhan Kasenovich Aldazhumanov – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: jean1974@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1683-1089>.

Dmitry Viktorovich Myassoedov – Master of of technical sciences, senior lecturer «IT technologies»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dmitriy880@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3279-0994>.

Almagul Nygmetovna Shalaganova – Master of of technical sciences, senior lecturer «Technical physics and thermal power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shalaganova_alma@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5592-3392>.

Aigerim Erkenovna Satybaldinova – Master of of technical sciences, lecturer «Technical physics and thermal power engineering »; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aigerimsemei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7610-9058>.

*Поступила в редакцию 02.12.2024
Поступила после доработки 18.12.2024
Принята к публикации 20.12.2024*

Т. Тусеев, А.А. Куйкабаева, Л.Б. Тулеуова*, О.М. Досжанов, Э.М. Зильбухарова

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71
*e-mail: west.lunara@gmail.com

СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ИТТРИЛІ КЕРАМИКАНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа: Бұл жұмыстың мақсаты – вакуумды күйдіру мен сәулелендірудің 400-4000 см⁻¹ жиілік аумағындағы жұтылатын ИҚ спектрлерге және иттрилі керамикалардың асқын өткізгіштік қасиеттеріне әсерін зерттеу. $E = 30$ МэВ протондармен және гамма-сәулелермен сәулеленген, алдынала 175, 500, 670 және 920°C температураларда вакуумды күйдірілген асқын өткізгіш иттрийдің инфрақызыл (ИҚ) жұтылу спектрлері зерттелді. Күйдіру мен сәулеленуден кейінгі $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ ИҚ-спектрлерінің трансформациясы талқыланып, асқын өткізгіш қасиетінің өзгерісі байқалды. $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ негізіндегі керамикалы ұнтақ түріндегі асқын өткізгіш үлгілері вакуумда 175, 500, 670 және 920°C температураларда сағатар бойы күйдіріліп, 2 сағат бойы үздіксіз сору кезінде суытылды. Инфрақызыл (ИҚ) спектроскопия және манометрия әдістерімен BeO-да O₂ фотожұтуын зерттеу, алдын ала күйдіру температурасын 473 К-нен 1073 К-ге дейін өзгерткенде 473 К кезінде алдын ала дайындалған үлгілердің ең белсенді екенін көрсетеді. γ сәулеленген бериллий оксидіндегі жоғары белсенділігі 673 К күйдірілген үлгілерде байқалады. Осындай өңдеуден кейін индуктивті әдіспен олардың бойларында асқын өткізгіштік фазасының кездесуі тексерілді. Мұндай зерттеулер асқын өткізгіш материалдардың қасиеттерін жақсартуға, олардың тиімділігін арттыруға және жаңа технологияларды дамытуға бағытталған ғылыми ізденістер үшін үлкен маңызға ие.

Түйін сөздер: асқын өткізгіштік, жұту спектрі, иттрилі керамика, күйдіру, сәулелену.

Кіріспе

Әдебиеттерде асқын өткізгіштерді зерттегенде ИҚ спектроскопияның жұтылу және шағылу кезінде қолданылуы туралы мәліметтер бар. Алыс ИҚ аумақтағы (200 см⁻¹ төмен) энергетикалық қуыс қарастырылып [1, 2], орта ИҚ аумақта (400 см⁻¹ жоғары) күшті электрон-фотонды өзара әсерлесу асқын өткізгіштіктің жоғары критикалық температурасының [3, 6] пайда болу себебі болуына байланысты фондық модаға көңіл бөлінеді. Әдебиеттік мәліметтерді талдау фотонды модалар керамикалық үлгілер құрылымына, спектр температурасын тіркеуге, катионды және оттекті стехиометрияның өзгеруіне және кейбір сыртқы әсерлерге сезімтал екенін көрсетеді.

Бұл жұмыстың мақсаты – вакуумды күйдіру мен сәулелендірудің 400-4000 см⁻¹ жиілік аумағындағы жұтылатын ИҚ спектрлерге және иттрилі керамикалардың асқын өткізгіштік қасиеттеріне әсерін зерттеу.

Мақалада фото және гамма – сәулеленудің бериллий оксиді (BeO) беттік қасиеттеріне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Инфрақызыл (ИҚ) спектроскопия және манометрия әдістерімен BeO-да O₂ фотожұтуын зерттеу, алдын ала күйдіру температурасын 473 К-нен 1073 К-ге дейін өзгерткенде 473 К кезінде алдын ала дайындалған үлгілердің ең белсенді екенін көрсетеді. γ сәулеленген бериллий оксидіндегі жоғары белсенділігі 673 К күйдірілген үлгілерде байқалады.

Парамагниттік орталықтардың максимумы осы температурада күйдірілген үлгілерде де байқалады. Электрондық парамагниттік резонанс (EPR) және адсорбция зерттеулерін салыстыру H₂ және O₂ сіңуі парамагниттік орталықтардың бұзылуына әкелетінін көрсетеді.

Сәулелену кезінде BeO бетінде электронды және саңылаулы режимдері бар адсорбция орталықтары пайда болады деп болжануда.

Тәжірибелік бөлім

$YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ негізіндегі керамикалы ұнтақ түріндегі асқын өткізгіш үлгілері вакуумда 175, 500, 670 және 920°C температураларда сағатар бойы күйдіріліп, 2 сағат бойы үздіксіз сору кезінде суытылды. Осындай өңдеуден кейін индуктивті әдіспен олардың бойларында асқын өткізгіштік фазасының кездесуі тексерілді. ИҚ спектрлерді тексеру үшін күйдірілген үлгілерді 1:10 қатынасында KBr ұнтағымен араластырып, сығу арқылы мөлшерлері

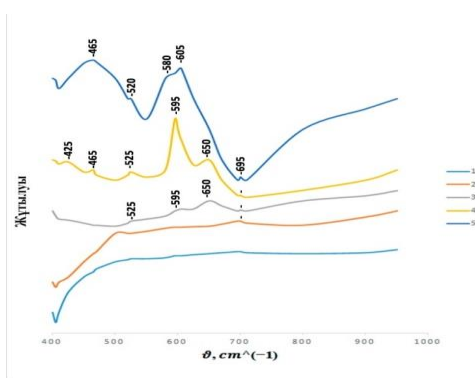
30x10x0.05 мм пластинкалар дайындалды. Жұтудың ИҚ спектрін бөлме температурасында UR-20 фирмасының «Carl Zeiss, Jena» спектрометрмен тіркеді. Пластиналық үлгілерді сәулелендіру кезінде құрамында KBr болуы салдарынан пайда болған суреттің ықтимал бұрмалануын болдырмау үшін тиісті дозалармен сәулелендірілген KBr таза пластинасының ИҚ спектрі үздіксіз тіркелді. Пластиналы және ұнтақ тәрізді үлгілерді сәулелендіру атмосферада Co^{60} гамма-сәулелермен және $E = 30\text{МэВ}$ протондарымен ИЯФ изохронды циклотронында 50°C төмен температурада жүзеге асырылды. Күйдірілген ұнтақтардың асқын өткізгіш қасиеттерін индуктивті әдіспен бақылау вакуумды күйдіру температурасының жоғарылауымен қатар асқын өткізгіштің $T_c \approx 90\text{K}$ ауысу температурасымен сипатталатын фаза санының азаюы, 670°C және одан жоғары температурада оның толық жоғалуы байқалады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

$\vartheta = 1640$ және 2370см^{-1} жағдайда күйдірілмеген керамика спектрінде $\vartheta = 1640$ және 2370см^{-1} адсорбцияланған су мен көмірқышқыл газын сіңіру жолақтары бар және $400-800\text{см}^{-1}$ жиілік аумағында нақты сіңіру жолақтары жоқ (сурет. 1). Керамиканың өткізгіштігі металға жақын болғандықтан соңғысы ток тасымалдаушыларымен күшті экрандаудың салдары болып табылады [7].

Вакуумды күйдіру температурасының 175 -тен 500°C -қа дейін жоғарылауымен $500-650\text{см}^{-1}$ интервалда ИҚ сіңуінің өсуі байқалады. Ең алдымен жоғары жиілікті $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ иық көрінеді.

$T = 670^\circ\text{C}$ температурада күйдіргеннен кейін, $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ ИҚ сіңіру спектрінде $525, 595, 650\text{см}^{-1}$ айқын триплеті көрінеді (1 суретті қараңыз).

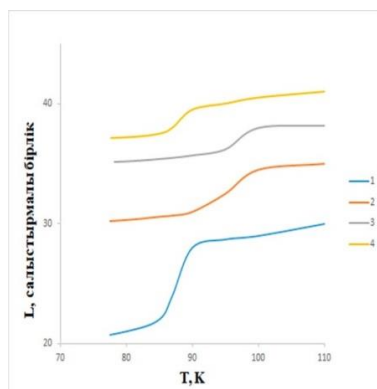


Сурет 1 – $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ керамиканы сіңірудің ИҚ-спектрлері:

1 бастапқы; 2-5 – вакуумда келесі температураларда күйдірілген, 0С: 2 – 175 , 3 – 500 , 4 – 670 , 5 – 920

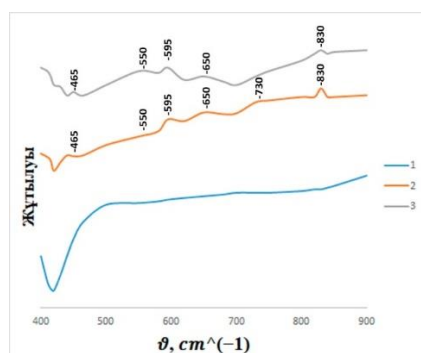
920°C температурада вакуумды күйдіру нәтижесінде итрий керамикасының ИҚ сіңіру спектрлерін таза мыс оксидінің спектрлерімен салыстыруда алынған нәтиже мөлдірліктің "терезелерінің" қабаттасуын $\vartheta \approx 610\text{см}^{-1}$ жеке сіңіру шыңдарының жиіліктерінің сәйкес келуін көрсеу арқылы бұл керамикада таза СО-ға тән Си-О байланысының тербелістерінің қозуының бар екенін көрсетеді. Протон ағынына әсер ету $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ асқын өткізгіштік қасиеттерде айтарлықтай монотонды емес өзгерістер тудырады.

Сонымен, керамиканы 10^{13} -дан 10^{15}см^{-2} ($T_{обл} \leq 50^\circ\text{C}$) аралығындағы флюенсті $E = 30\text{МэВ}$ протондармен сәулелендіру біріншіден, асқынөткізгіштік фазасының үлесінің азаюына, екіншіден, T_c ауысу температурасының өсуіне, үшіншіден, өту енінің бірнеше градусқа артуына (сурет 2) әкелді. Флюенс 10^{15}см^{-2} кезінде үлгінің асқын өткізгіш күйге ауысуының басталу температурасының жылжуы $\sim 10\text{K}$ құрады. Белгілі дәрежеде алдын ала вакуумдық күйдіру температурасымен айқындалатын елеулі өзгерістер протонды және гамма-сәулеленуге ұшыраған сынама-пластиналардың ИҚ - жұтылу спектрлерінде де байқалады. Асқынөткізгіштік қасиеттері бар күйдірілмеген үлгілерді сәулелендіру кезінде $500-650\text{см}^{-1}$ аймақта сіңірудің жоғарылауы байқалады да, $\vartheta \approx 680\text{см}^{-1}$ мәндегі мөлдірліктің "терезесі" өсе бастайды (сурет 3).



Сурет 2 – $YBa_2Cu_3O_{7-\sigma}$ индуктивтіліктің температуралық тәуелділігі:

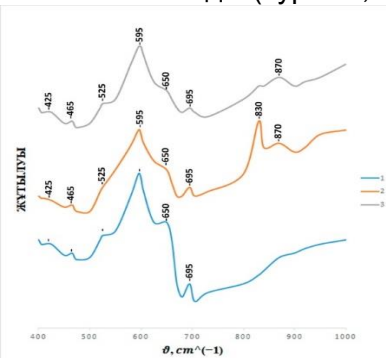
1 – бастапқы; 2 – 4 – $E = 30 \text{ МэВ}$ протондармен сәулеленген: 2 – $\Phi = 10^{13} \text{ см}^{-2}$, 3 – $\Phi = 10^{15} \text{ см}^{-2}$, 4 – $\Phi = 10^{15} \text{ см}^{-2}$



Сурет 3 – Жанбаған керамиканың ИҚ спектрлері

1 – сәулеленбеген; 2 – $D=1000$ Мрад гамма-сәулелермен сәулеленген; 3 – $\Phi=10^{15} \text{ см}^{-2}$ протондармен сәулеленген

Бұл 525 см^{-1} сіңіру жолағының қарқындылығының едәуір төмендеуімен және 650 және 525 см^{-1} жолақтардың аз әлсіреуімен сипатталады (сурет 4, а).



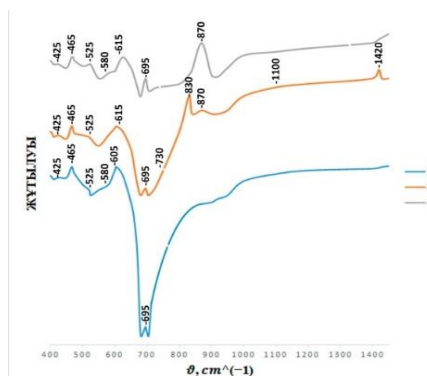
Сурет 4а – $T=670 \text{ }^\circ\text{C}$ температурада күйдірілген иттрилі керамиканың ИҚ жұту спектрлері

1 – сәулеленбеген; 2 – $D=1000$ Мрад гамма-сәулелермен сәулеленген; 3 – $\Phi=10^{15} \text{ см}^{-2}$ протондармен сәулеленген

$T=920 \text{ }^\circ\text{C}$ кезінде вакуумда күйдірілген үлгілерде сәулелену нәтижесінде 465 және 615 см^{-1} негізгі сіңіру жолақтарының қарқындылығы, сондай-ақ $\mathcal{G} \approx 680 \text{ см}^{-1}$ мөлдірліктің "терезесінің" тереңдігі төмендеді. Сонымен қатар, протонды сәулелену кезінде сәулеленбеген үлгімен салыстырғанда $\mathcal{G} \approx 695 \text{ см}^{-1}$ сіңіру шыңы күрт өсті (5 есе) және 870 мен 1000 см^{-1} кезінде қосымша сіңіру шыңдары пайда болды.

Гамма-сәулеленген $\mathcal{G} \approx 680 \text{ см}^{-1}$ үлгіге тән сіңіру шыңы байланыстырушы материал ретінде пайдаланылатын КВг-ға тиесілі екені белгілі болды (4, б сурет).

Иттрий керамикасындағы жоғары температуралы асқын өткізгіштік орторомбалық фазаның болуымен қамтамасыз етілетіні белгілі [4].



Сурет 46 – $T=920\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада күйдірілген иттрилі керамиканың ИҚ жұту спектрлері
 1 – сәулеленбеген; 2 – $D=1000$ Мрад гамма-сәулелермен сәулеленген;
 3 – $\Phi=10^{15}\text{ см}^{-2}$ протондармен сәулеленген

Вакуумды күйдіру температурасы жоғарылаған сайын оттегі жоғалады. Ең алдымен оттегі О (4) бір өлшемді тізбектердің $\text{O}(4) - \text{Cu}(1) - \text{O}(4)$ түйіндерінен 6 осімен бағыттала, кейін Си (2) – О (2, 3) жазықтықтары арқылы шығарылады [4, 10].

Оттегінің жойылуы кристалдық тордың симметриясының орторомбикалықтан тетрагональға өзгеруімен бірге жүреді.

Вакуумды күйдіру температурасы $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде иттрий керамикасы толығымен тетрагональды құрылымға ие (9) болады да, $T=670\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада күйдірілгенде үлгінің ИҚ сіңіру спектрі негізінен $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\sigma}$ тетрагональды симметриямен сипатталатыны (1 суретті) қолда бар әдеби деректерге жақсы сәйкес келеді [5-6].

650 және 595 см^{-1} аймақтағы сіңіру жолақтары Си – О-байланыстың оттегі бос орындарымен белсендірілген бір өлшемді Си – О тізбектеріндегі және екі өлшемді Си – О жазықтықтарына сәйкес тербелмелі модасының қозуына негізделеді деп болжануда [7, 10].

$\varrho \approx 525\text{ см}^{-1}$ кезіндегі сіңірудің төмен жиілікті шыңы с осі бойымен Си – О – байланыстың асимметриялық валенттік тербелістерінің қозуына жатады [8].

Вакуумды күйдіру температурасының $920\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жоғарылауы керамикада оттегі ғана емес, сонымен қатар катиондық стехиометрияның өзгеруімен байланысты күрделі құрылымдық өзгерістерді тудырады.

Си – О таза оксидінің қималарының тербеліс жиіліктерімен және $\varrho \geq 700\text{ см}^{-1}$ мөлдірлік аумағымен сипатталатын $T = 920\text{ }^{\circ}\text{C}$ кезінде күйген үлгінің байқалатын жұтылу спектрі өзінің сыртқы түрі бойынша 2:1:1 (жасыл фаза) құрамдағы иттрилі керамика спектрінің жоғары жиілікті аймағына жақын [9].

Жоғарыда атап өткеніміздей, тазартылған үлгілер ауада гамма-сәулелер мен протондармен сәулеленген кезде 650 және 595 см^{-1} сіңіру жолақтарының қарқындылығы төмендейді. Бұл жағдай атмосфералық оттегімен тізбектер мен жазықтықтардағы оттегі бос орындарының радиациялық – ынталандырылған толтырылуымен байланысты 595 см^{-1} сіңіру жолағы қарқындылығының төмендеуімен қатар жүретін Си(2)-О(2, 3) жазықтықтарындағы бос орындар көбірек толтырылуына негізделген. ИҚ спектрлерінде қосымша сіңіру 860 см^{-1} шыңдарын сәулелендіру кезінде күйдірілген үлгілердің пайда болуы $1000-1100\text{ см}^{-1}$ аймақта, сондай - ақ 695 см^{-1} максимумның өсуі карбонизация процестерінің дамуын көрсетеді. Өйткені аталған сіңіру жолақтары қосылыстардағы карбонатты құрылымдардың тербелістеріне тән, мысалы BaCO_3 [6]. Ең қарқынды карбонизация $920\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада тазартылған үлгілерде жүреді. $T=670\text{ }^{\circ}\text{C}$ және одан төмен температурада күйген немесе күйген үлгілер сәулелену кезінде карбонизацияға төзімділік көрсетеді: сәулеленуге дейін осындай үлгілердің ИҚ-спектрінде байқалатын сәулелену процесінде әлсіз максимум 695 см^{-1} іс жүзінде өзгермейді, ал қосымша шыңдар қарқындылығы бойынша әлсіз болады.

Қорытынды

Осылайша, электронды парамагниттік кедергі мен адсорбция зерттеулерін салыстыру H_2 және O_2 сіңуі парамагниттік орталықтардың бұзылуына әкелетінін көрсетеді, бұл BeO бетінде электронды және саңылаулы режимдері бар адсорбция орталықтарының пайда болуын көрсетеді.

Сонымен қатар, сіңіру дозаларының диапазондары (адсорбция үшін 0,3 мГр - ге дейін және ЭПР орталықтары үшін 0,6 мГр немесе одан да көп) мен күйдіру температурасы (573-673 К және одан төмен – адсорбция орталықтары, 723 К және одан жоғары-парамагниттік орталықтар) арасындағы сәйкессіздік орталықтардың бұл түрлерінің бірдей еместігін көрсетеді.

Мүдделер қайшылығы

Барлық авторлардың атынан корреспондент автор мүдделер қайшылығы (конфликт) жоқ деп мәлімдейді.

Әдебиеттер тізімі

1. Titan aerosol analog absorption features produced from aromatics in the far infrared / J.A. Sebree et al // *Journal of Icarus*. – 2014. – № 236. – P. 146. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.03.039>.
2. Bisticic L. Central bond vibrations in 1,1'-biadamantane / L. Bisticic, G. Baranovic, K. Mlinaric-Majerski // *Journal of Molecular structure*. – 1999. – № 508. – P. 207-215. [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(99\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(99)00065-4).
3. INFRARED-SPECTROSCOPY OF (LA1-XSRX)2CUO4-Y, (LA1-XBAX)2CUO4-Y, (LA1-XKX)2CUO4-Y AND (LA1-XCEX)2CUO4-Y / M. Ogita et al // *Japanese journal of applied physics*. – 1987. – № 26(4). – P. L415-416. <https://doi.org/10.1143/JJAP.26.L415>.
4. Bednorz J.C. and Muller K.A. Possible High-Tc superconductivity in the La-Ba-Cu-O System. *Z. Phys. B: Condens. Matter*, 1986;64:189- 193. <https://doi.org/10.1007/BF01303701>
5. Effect of 2.5 MeV proton irradiation on the critical parameters of composite HTS tapes / L. Antonova et al // *Physica Status Solidi*. – 2015. – № 12(1-2). – P. 94-97.
6. Influence of γ -irradiation on the optical properties of the polyimide–YBa₂Cu₃O_{6.7}system / A.D. Muradov et al // *Journal of Applied Spectroscopy*. – 2018. – № 85(2). – P. 260 -266.
7. Влияние радиационных дефектов различного типа на критический ток слоистого анизотропного сверхпроводника / А.Н. Максимова и др. – 2021. – № 63. – P. 1830-1837. <https://doi.org/10.21883 /FTT.2021. 11.51584.169>.
8. Study the mixed valence problem in asymmetric Anderson model: Fano-Kondo resonance around Fermi level / Zhen Hua et al // *Journal of physics-condensed matter*. – V.34, № 25. <https://doi.org/10.1088/1361-648X/ac640a>.
9. Li Y.L. Effect of oxide layer and size on the vibration frequency of silicon nanobeams. / Li Y.L., Wang J. // *Modern physics letters*. – V.35, № 18. <https://doi.org/10.1142/S0217984921503085> <https://doi.org/10.1155/2011/670857>.
10. Copper oxide reduction through vacuum annealing / S.Y. Lee et al // *Applied surface science*. – V. 206, №1-4. – P. 102-109. [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(02\)01239-4](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(02)01239-4). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433202012394?via%3Dihub>.

References

1. Titan aerosol analog absorption features produced from aromatics in the far infrared / J.A. Sebree et al // *Journal of Icarus*. – 2014. – № 236. – R. 146. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.03.039>. (In English).
2. Bisticic L. Central bond vibrations in 1,1'-biadamantane / L. Bisticic, G. Baranovic, K. Mlinaric-Majerski // *Journal of Molecular structure*. – 1999. – № 508. – R. 207-215. [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(99\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(99)00065-4). (In English).
3. INFRARED-SPECTROSCOPY OF (LA1-XSRX)2CUO4-Y, (LA1-XBAX)2CUO4-Y, (LA1-XKX)2CUO4-Y AND (LA1-XCEX)2CUO4-Y / M. Ogita et al // *Japanese journal of applied physics*. – 1987. – № 26(4). – R. L415-416. <https://doi.org/10.1143/JJAP.26.L415>. (In English).
4. Bednorz J.C. and Muller K.A. Possible High-Tc superconductivity in the La-Ba-Cu-O System. *Z. Phys. B: Condens. Matter*, 1986;64:189- 193. <https://doi.org/10.1007/BF01303701>. (In English).
5. Effect of 2.5 MeV proton irradiation on the critical parameters of composite HTS tapes / L. Antonova et al // *Physica Status Solidi*. – 2015. – № 12(1-2). – R. 94-97. (In English).
6. Influence of γ -irradiation on the optical properties of the polyimide–YBa₂Cu₃O_{6.7}system / A.D. Muradov et al // *Journal of Applied Spectroscopy*. – 2018. – № 85(2). – R. 260 -266. (In English).
7. Влияние радиационных дефектов различного типа на критический ток слоистого анизотропного сверхпроводника / А.Н. Максимова и др. – 2021. – № 63. – R. 1830-1837. <https://doi.org/10.21883 /FTT.2021. 11.51584.169>. (In Russian).

8. Study the mixed valence problem in asymmetric Anderson model: Fano-Kondo resonance around Fermi level / Zhen Hua et al // Journal of physics-condensed matter. – V.34, № 25. <https://doi.org/10.1088/1361-648X/ac640a>. (In English).
9. Li Y.L. Effect of oxide layer and size on the vibration frequency of silicon nanobeams. / Li Y.L., Wang J. // Modern physics letters. – V.35, № 18. <https://doi.org/10.1142/S0217984921503085> <https://doi.org/10.1155/2011/670857>. (In English).
10. Copper oxide reduction through vacuum annealing / S.Y. Lee et al // Applied surface science. – V. 206, №1-4. – P. 102-109. [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(02\)01239-4](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(02)01239-4). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433202012394?via%3Dihub>. (In English).

T. Tusseyev, A. Kuykabaeva, L. Tuleuova*, O. Doszhanov, E. Zулbukharova

Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, Al-Farabi Avenue, 71
*e-mail: west.lunara@gmail.com

INFLUENCE OF RADIATION ON THE OPTICAL PROPERTIES OF SUPERCONDUCTING YTTRIUM CERAMICS

The purpose of this work is to study the effect of vacuum annealing and irradiation on the IR absorption spectra in the frequency range $400-4000\text{cm}^{-1}$ and the superconducting properties of yttrium ceramics. The infrared (IR) absorption spectra of superconducting yttrium ceramics, subjected to preliminary vacuum annealing at temperatures of 175, 500, 670 and 920°C and irradiation with gamma rays and protons, were studied. Superconducting properties change has been discovered, and the transformation of the IR absorption spectra of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\sigma}$ after annealing and irradiation is discussed. Samples of superconducting ceramics $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\sigma}$ in powder form were subjected to hour-long annealing in vacuum at temperatures of 175, 500, 670 and 920 °C, followed by cooling with continuous pumping for 2 hours. The results of O_2 photoabsorption studying in BeO using infrared (IR) spectroscopy and manometry show that the samples are most active at 473 K in pre-annealing temperature changes from 473 K to 1073 K. High activity in γ irradiated beryllium oxide is observed in annealed samples at 673 K. Superconducting phase appearance in them was checked using the inductive method after this treatment. Such studies are of great importance for improving the properties of superconducting materials, enhancing their efficiency, and developing new technologies.

Key words: Superconductor, absorption spectra, yttrium ceramics, annealing, irradiation.

Т. Тусеев, А.А. Куйкабаева, Л.Б. Тулеуова*, О.М. Досжанов, Э.М. Зульбухарова¹

Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, Алматы, проспект аль-Фараби, 71
*e-mail: west.lunara@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ИТТРИЕВОЙ КЕРАМИКИ

Цель данной работы – изучить влияние вакуумного отжига и облучения на ИК-спектры поглощения в области частот $400-4000\text{см}^{-1}$ и сверхпроводящие свойства иттриевой керамики. Изучались инфракрасные (ИК) спектры поглощения сверхпроводящей иттриевой керамики, подвергнутой предварительному вакуумному отжигу при температуре 175, 500, 670 и 920°C и облучению гамма-лучами и протонами с $E = 30\text{МэВ}$. Обнаружено изменение сверхпроводящих свойств, обсуждается трансформация ИК-спектров поглощения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\sigma}$ после отжигов и облучения. Образцы сверхпроводящей керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\sigma}$ в виде порошка подвергали часовому отжигу в вакууме при температуре 175, 500, 670 и 920 °C с последующим остыванием при непрерывной откачке в течение 2 ч. Результаты исследования фотопоглощения O_2 в BeO методами инфракрасной (ИК) спектроскопии и манометрии показывают, что при изменении температуры предварительного отжига с 473 К до 1073 К образцы наиболее активны при 473 К. Высокая активность в γ облученном оксиде бериллия наблюдается в обожженных образцах при 673 К. После такой обработки в них индуктивным методом проверялось появление сверхпроводящей фазы. Такие исследования имеют большое значение для улучшения свойств сверхпроводящих материалов, повышения их эффективности и развития новых технологий.

Ключевые слова: сверхпроводимость, спектр поглощения, иттриевая керамика, отжиг, облучение.

Авторлар туралы мәліметтер

Тугара Тусеев – Ф.-м.ғ.д., Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті, физика-техникалық факультеті, жылу физикасы және техникалық физика кафедрасы; e-mail: turgaratus@mail.ru.

Айжан Аманғалиевна Куйкабаева – PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, жылу физикасы және техникалық физика кафедрасы; e-mail: a.kuikabaeva@gmail.com.

Лунара Батырбековна Тулеуова* – Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, жылу физикасы және техникалық физика кафедрасының магистранты; e-mail: west.lunara@gmail.com.

Оспан Матқариович Досжанов – аға оқытушы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, жылу физикасы және техникалық физика кафедрасы; e-mail: ospan.doszhanov56@mail.ru.

Эльмира Мукановна Зулбухарова – аға оқытушы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, жылу физикасы және техникалық физика кафедрасы; e-mail: Zulbuharova@mail.ru.

Сведения об авторах

Тугара Тусеев – д.ф.-м.н., профессор, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики; e-mail: turgaratus@mail.ru.

Айжан Аманғалиевна Куйкабаева – PhD, старший преподаватель, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики; e-mail: a.kuikabaeva@gmail.com.

Лунара Батырбековна Тулеуова* – магистрант кафедры теплофизики и технической физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, физико-технический факультет; e-mail: west.lunara@gmail.com.

Оспан Матқариович Досжанов – к.т.н., старший преподаватель, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики; e-mail: ospan.doszhanov56@mail.ru.

Эльмира Мукановна Зулбухарова – старший преподаватель, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, физико-технический факультет, кафедра теплофизики и технической физики; e-mail: Zulbuharova@mail.ru.

Information about the authors

Turgara Tusseyev – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Department of Thermophysics and Technical Physics; e-mail: turgaratus@mail.ru.

Aizhan Amangalievna Kuikabayeva – PhD, Senior teacher, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Department of Thermophysics and Technical Physics; e-mail: a.kuikabaeva@gmail.com.

Lunara Batyrbekovna Tuleuova* – Master's student of the department of Thermophysics and Technical Physics, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology; e-mail: west.lunara@gmail.com.

Ospan Doszhanov – Senior teacher, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Department of Thermophysics and Technical Physics; e-mail: ospan.doszhanov56@mail.ru.

Elmira Zulbukharova – Senior teacher, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Department of Thermophysics and Technical Physics; e-mail: Zulbuharova@mail.ru.

Редакцияға енуі 14.01.2025

Өңдеуден кейін түсуі 25.02.2025

Жариялауға қабылданды 03.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-47](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-47)



МРНТИ 61.45.15

А.Ж. Жолдасбай*, Г.А. Сейтимова, А.А. Тургумбаева, Г.Ш. Бурашева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: zhumagazeyeva@gmail.com

ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ *CALLIGONUM SETOSUM* LITV.

Аннотация: Исследование химического состава растений и их использование для производства лекарственных препаратов и биологически активных добавок приобретают всё большее значение в контексте развития химической и фармацевтической отраслей Республики Казахстан. В рамках государственной программы «Цифровой Казахстан» и других национальных стратегий страна стремится создать инновационные решения в области биотехнологий, агрохимии, химической технологии и фармацевтики. Особое внимание уделяется растениям, которые могут стать источниками полезных веществ. Исследования растений, таких как *Calligonum setosum* Litv., особенно актуальны в условиях наращивания внутренних фармацевтических мощностей.

В статье приведены данные по изучению аминокислотного и жирнокислотного состава растительного сырья *Calligonum setosum* Litv. (жузгун щетинистый), произрастающего на территории Казахстана. Исследование выявило высокое содержание аминокислот, включая глутаминовую и аспарагиновую кислоты, а также полиненасыщенных жирных кислот, таких как γ -линоленовая кислота. Проведен анализ товароведческих характеристик, технологических параметров и оценка содержания тяжелых металлов. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения данного растения для выделения веществ в их чистом виде, а также для разработки фармацевтических препаратов и биологически активных добавок. Эти данные могут стать основой для дальнейших исследований и разработки новых методов переработки растительного сырья.

Ключевые слова: *Calligonum setosum* Litv., аминокислотный анализ, жирнокислотный состав, товароведческий анализ, технологические показатели.

Актуальность данного исследования заключается в изучении химического и фармакологического потенциала *Calligonum setosum* Litv., растения пустынных регионов Республики Казахстан. В рамках национальных приоритетов, таких как «Программа по индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2020–2025 годы» и «Национальная стратегия по развитию фармацевтической отрасли», особое внимание уделяется использованию отечественного растительного сырья для производства конкурентоспособной продукции.

Calligonum setosum Litv. (Жузгун, или Джузгун, или Кандым) – это один из видов растений, входящих в род *Calligonum*, семейства Гречишные (*Polygonaceae*) [1]. Его ареал включает Среднюю Азию (Кызылкум, Каракум, Мойынкум, Кызылорда, Туркменистан). Это растение обладает высокой адаптацией к экстремальным условиям – низким и высоким температурам, а также повышенной солености почвы, что делает его перспективным объектом изучения в условиях изменяющегося климата [2]. Пустынные ландшафты Казахстана идеально подходят для этого растения. Исследование *Calligonum setosum* Litv. представляет интерес ввиду его малоизученности и уникального химического состава. Сочетание химико-технологического подхода с фармацевтическим исследованием сырья дает возможность более эффективно использовать его в различных направлениях.

Целью данного исследования является детальное изучение фитохимического состава *Calligonum setosum* Litv. с целью выявления его потенциала для использования в химической и фармацевтической промышленности.

Согласно имеющимся данным, в растениях рода *Calligonum* обнаружены дубильные вещества, лимонная и фенольная кислоты, алкалоиды, лейкоантоцианидины и флавоноиды, что свидетельствует о потенциальной фармакологической ценности этих растений [3, 4]. В одном из исследований рассматривается химический состав *Calligonum setosum*, однако его детальный анализ остается ограниченным [5], что подчеркивает необходимость более глубокого изучения данного вида.

Ряд исследований подтверждает антиоксидантные [6] и антибактериальные свойства *Calligonum comosum* [7]. Экстракты этого растения демонстрируют цитотоксическое действие на клетки рака груди и колоректального рака, а такие биологически активные соединения, как кемпферол-3-О-глюкозид-7-О-рамнозид, обладают выраженной антибактериальной активностью.

Исследования *Calligonum polygonoides* показали его антиспазматическое и сосудорасширяющее действие [8]. Кроме того, экстракты этого растения обладают антибактериальной активностью, включая ингибирование уреазы, что делает его перспективным средством для борьбы с инфекциями [9].

Дополнительно, анализ экстрактов *Calligonum mongolicum* выявил уникальные генетические характеристики, способствующие его высокой устойчивости в засушливых регионах, что подчеркивает его значимость в фармакогностическом аспекте [10].

Полученные данные позволяют предположить, что *Calligonum setosum*, наряду с другими представителями рода *Calligonum*, обладает ценными биологически активными соединениями, подтверждая его значительный терапевтический потенциал и делая перспективным объектом дальнейших исследований в фармакологии и биомедицине.

Методы исследования

В качестве объектов исследования использованы надземные части *Calligonum setosum* Litv. собранные в апреле 2022 года в районе реки Сырдарья, Кызылординская область. Лекарственное растительное сырье отбиралось с естественных участков, не подвергавшихся антропогенному воздействию.

Товароведческий анализ и определение технологических показателей лекарственного сырья необходимы для оценки его качества, безопасности и соответствия требованиям Государственной Фармакопеи Республики Казахстан (ГФ РК). Эти исследования проводились с целью подтверждения подлинности сырья, определения его органолептических характеристик и изучения микроскопических признаков, что позволяет избежать фальсификаций и наличия примесей. Технологические показатели, такие как влажность, зольность и содержание примесей, оценивались в соответствии со стандартами, описанными в ГФ РК. Эти данные важны для обеспечения стабильности сырья и его эффективного использования в производстве лекарственных средств. Определение влаги и зольности осуществлялось согласно ГОСТ 24027.2-80.

Исследование на содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье проводилось в строгом соответствии с действующими стандартами ГОСТ.

Анализ аминокислотного состава выполнялся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентной детекцией (ВЭЖХ-FLD) на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) в соответствии с методическими рекомендациями (МВИ МН 1363-2000). Для разделения использовалась хроматографическая колонка Kinetex (Phenomenex, США), обладающая высокой селективностью и разрешающей способностью при анализе аминокислотного состава растительного сырья. Оптимальные условия эксперимента включали использование подвижных фаз:

- Фаза А (смесь ацетонитрила, метанола и воды в соотношении 45:45:10,
- Фаза Б (10 мМ Na₂HPO₄, 10 мМ Na₂B₄O₇, 0,5 мМ NaN₃ (рН 8,2), при скорости потока 1,150 мл/мин.

Температура колонки поддерживалась на уровне 40°C, объем вводимого образца составлял 5 мкл, а общее время анализа – 16 минут. Регистрация результатов проводилась при длине волны 340 нм для возбуждения и 450 нм для эмиссии. В ходе эксперимента идентифицированы и количественно оценены 11 аминокислот, определенных по их времени удерживания и площади пиков, что позволило провести точный анализ концентрации каждой аминокислоты в исследуемом образце.

Анализ состава жирных кислот проводился методом газовой хроматографии на приборе ГХ-1000 в соответствии с методическими рекомендациями (МВИ МН 1364-2000, Р4.1.1672-03, разд. II, п.2). Данный метод основан на разделении и количественном определении компонентов газовых смесей, что позволяет эффективно оценить состав жирных кислот в образце. Для подготовки проб использовали 5 г сырья, которое подвергли экстракции смесью хлороформа и этанола (2:1). Экстракция длилась 24 часа, после чего раствор выпаривали на водяной бане до остаточного объема. Для очистки и трансэтерификации к полученному концентрату добавляли 1,8 мл гексана и 0,2 мл метилата натрия, после чего смесь фильтровали. На финальном этапе для анализа отбирали 0,1 мкл обработанного образца.

С помощью газовой хроматографии идентифицированы 20 жирных кислот, которые классифицировали как насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные, что позволило точно определить их состав и концентрацию.

Результаты исследований

Наземные части *Calligonum setosum* Litv. служат лекарственным растительным сырьем для получения нового лекарственного средства. С целью определения основных числовых показателей проведен товароведческий анализ в соответствии с методиками, описанными в ГФ РК.

Исследуемое сырье соответствует требованиям ГФ РК, поэтому оно может быть признано доброкачественным по основным товароведческим показателям, представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Товароведческий анализ надземных частей *Calligonum setosum* Litv.

Показатель	Значение, %	НД на методы
Минеральная примесь	0,22 ± 0,05	ГФ РК, 1 том, первое издание, 2.8.2, стр.226
Органическая примесь	0,11 ± 0,01	ГФ РК, 1 том, первое издание, 2.8.2, стр.226
Части, утратившие естественную окраску	1,20 ± 0,08	-
Влажность сырья	4,72 ± 0,24	ГОСТ 24027.2-80
Зола	7,28 ± 0,36	ГОСТ 24027.2-80 (ГФ РК, 1 том, первое издание, 2.8.1, стр.226)

Из технологических показателей для лекарственного сырья *Calligonum setosum* Litv. установлена оценка набухаемости (табл. 2). Набухаемость – это способность растительного сырья впитывать жидкость и увеличиваться в объеме. Этот показатель важен для определения качества сырья, так как он напрямую влияет на эффективность экстракции действующих веществ при изготовлении лекарственных препаратов. Высокая набухаемость свидетельствует о способности сырья удерживать влагу, что способствует лучшему извлечению активных компонентов в процессе производства настоев, экстрактов и других лекарственных форм.

Таблица 2 – Набухаемость лекарственного сырья *Calligonum setosum* Litv.

Показатель	Спирт 50 %	Вода очищенная	Гексан
Набухаемость сырья	3,47 ± 0,22	3,84 ± 0,28	1,82 ± 0,13

Изучение содержания тяжелых металлов в сырье является критически важной частью фармакогностического анализа и контроля качества. Тяжелые металлы, такие как свинец, ртуть, кадмий и мышьяк, могут присутствовать в растениях как вследствие естественных процессов, так и в результате антропогенного загрязнения окружающей среды. Их наличие даже в малых концентрациях может представлять серьезный риск для здоровья, поскольку эти элементы способны накапливаться в организме, вызывая хроническое токсическое воздействие, включая неврологические, почечные и сердечно-сосудистые расстройства, а также повышать риск развития рака. Количественное определение тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье не только является обязательной процедурой для гарантирования его безопасности, но и отражает приверженность фармацевтической отрасли высоким стандартам качества и охраны здоровья пациентов [11, 12].

В надземных частях *Calligonum setosum* Litv. определено содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути. Результаты исследования приведены в таблице 3, где указаны средние значения на абсолютно сухое сырье в миллиграммах на килограмм (мг/кг).

Таблица 3 – Уровень концентрации тяжелых металлов в надземных частях *Calligonum setosum* Litv.

Тяжелые металлы	Результат	НД на методы
Свинец	0,49 ± 0,14 мг/кг	ГОСТ 33824-2016
Кадмий	Не обнаружено	ГОСТ 33824-2016
Мышьяк	Не обнаружено	ГОСТ 31628-2012
Ртуть	Не обнаружено	ГОСТ 26927-86, п. 2

Исследования показали, что уровень содержания токсичных элементов, включая свинец, в образцах не превышает предельно допустимую концентрацию тяжелых металлов, установленную Государственной Фармакопеей [13].

В ходе исследования содержания тяжёлых металлов в растении получены следующие результаты. Концентрация свинца составила 0,49 ± 0,14 мг/кг, что соответствует установленным нормам безопасности для лекарственного растительного сырья и не превышает предельно допустимую концентрацию (10 мг/кг). Кадмий в образце не обнаружен, что соответствует нормативам (максимум 0,2 мг/кг), исключая его токсичное воздействие. Ртуть в образце также не выявлена, что подтверждает его экологическую чистоту, поскольку её концентрация в растениях на незагрязненных почвах варьируется от 0,005 до 0,05 мг/кг. Мышьяк в растении не найден, что свидетельствует о его безопасности, так как в растениях, выращенных на чистых почвах, содержание мышьяка не превышает 1,5 мг/кг [14, 15]. Таким образом, концентрации всех исследованных металлов в образце не представляют угрозы для здоровья и соответствуют нормативным требованиям, что позволяет использовать сырье в фармацевтической и пищевой промышленности.

Современные исследования жирных кислот и аминокислот, содержащихся в растениях, подтверждают их широкий спектр применения – от функциональных продуктов питания до фармацевтических препаратов.

В ходе данного исследования проведён анализ аминокислотного состава надземных частей *Calligonum setosum* Litv. Получены данные по 11 аминокислотам, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ аминокислотного состава надземных частей *Calligonum setosum* Litv.

Аминокислота	Содержание (мг/г)	Аминокислота	Содержание (мг/г)
Аспарагиновая кислота (Asp)	19,98	Аланин (Ala)	17,50
Глутаминовая кислота (Glu)	48,06	Тирозин (Tyr)	13,87
Аспарагин (Asn)	35,01	Метионин (Met)	16,04
Гистидин (His)	58,81	Изолейцин (Ile)	20,44
Треонин (Thr)	23,90	Лизин (Lys)	31,04
Аргинин (Arg)	34,35		

Наибольшее содержание среди всех аминокислот выявлено у глутаминовой кислоты – 48.06 мг/г. Глутаминовая аминокислота является важнейшим нейромедиатором, играющим центральную роль в обмене веществ, а также участвующим в синтезе белков и метаболизме азота [16]. Кроме того, высокий уровень гистидина (58.81 мг/г) подтверждает его значение в регенерации тканей, росте клеток и иммунных реакциях, поскольку он является предшественником гистамина [17].

Значительное количество аспарагина (35.01 мг/г) и аргинина (34.35 мг/г) подтверждает их ключевую роль в метаболизме, поддержании функций нервной системы и иммунного ответа. Аспарагин участвует в синтезе белков и регулирует клеточный обмен веществ, а аргинин – в детоксикации аммиака и синтезе оксида азота, который, в свою очередь, регулирует сосудистый тонус [18, 19].

Не менее важны аминокислоты с более низким содержанием: треонин (23.90 мг/г), изолейцин (20.44 мг/г) и аланин (17.50 мг/г), которые участвуют в поддержании целостности клеток, обмене жиров и углеводов, а также восстановлении мышечной ткани [20, 21]. Тирозин (13.87 мг/г) и метионин (16.04 мг/г) выполняют важные функции в синтезе гормонов и биологически активных молекул, таких как глутатион [22, 23].

В ходе исследования обнаружены аминокислоты, обладающие важными физиологическими свойствами, влияющими на широкий спектр биохимических процессов,

включая метаболизм, рост и восстановление тканей, а также иммунные и нейротрансмиттерные функции. Высокое содержание глутаминовой кислоты и гистидина подчеркивает их критическое значение для нормального функционирования организма.

Также исследован жирнокислотный состав надземных частей *Calligonum setosum* Litv. (табл. 5, рис. 1).

Таблица 5 – Жирнокислотный состав надземных частей *Calligonum setosum* Litv.

Время (мин)	Концентрация (%)	Компонент	Время (мин)	Концентрация (%)	Компонент
6.788	0.477	C6:0 Капроновая насыщенные	30.050	3.794	C20:0 Арахидиновая насыщенные
9.985	1.833	C8:0 Каприловая насыщенные	32.510	3.062	C21:0 Гейкозановая насыщенные
13.320	1.056	C10:0 Каприновая насыщенные	37.282	4.628	C24:0 Лигноцерининовая насыщенные
15.057	0.084	C11:0 Ундекановая насыщенные	20.993	0.059	C14:1 Миристинолевая мононенасыщенные
16.828	6.889	C12:0 Лауриновая насыщенные	24.412	1.737	C16:1 Пальмитолеиновая мононенасыщенные
18.672	0.720	C13:0 Тридекановая насыщенные	25.900	1.289	C17:1 Маргаринолеиновая мононенасыщенные
20.374	3.349	C14:0 Миристиновая насыщенные	27.374	7.313	C18:1n9c Олеиновая мононенасыщенные
22.089	1.057	C15:0 Пентадекановая насыщенные	28.149	7.678	C18:2n6c Линолевая полиненасыщенные
23.786	13.086	C16:0 Пальмитиновая насыщенные	29.030	37.164	C18:3n6 γ-Линоленовая полиненасыщенные
26.980	3.922	C18:0 Стеариновая насыщенные	31.442	0.804	C20:3n6c Эйкозатриеновая полиненасыщенные

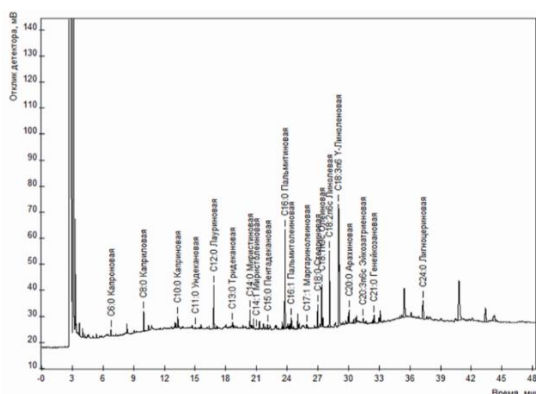


Рисунок 1 – Хроматограмма жирнокислотного состава надземных частей *Calligonum setosum* Litv.

Жирные кислоты классифицированы на три группы: насыщенные (SFA), полиненасыщенные (PUFA) и мононенасыщенные (MUFA). Хроматографический анализ продолжался 48,25 минут, в ходе которого идентифицированы 20 жирных кислот. В образце присутствуют как насыщенные, так и ненасыщенные жирные кислоты, при этом полиненасыщенные кислоты преобладают.

Наибольшую долю среди насыщенных жирных кислот составила пальмитиновая кислота (C16:0) – 13,086%. Она играет ключевую роль в синтезе фосфолипидов клеточных мембран и участвует в липидном обмене [24]. Другие насыщенные жирные кислоты, такие как лауриновая кислота (C12:0) (6,889%) и стеариновая кислота (C18:0) (3,922%), также присутствуют в образце и обладают важными свойствами, включая антибактериальную активность (лауриновая кислота) и структурную роль в клеточных мембранах (стеариновая кислота) [25].

Мононенасыщенные жирные кислоты составляют меньшую часть жирнокислотного состава, но они также имеют важное значение для здоровья. Наиболее представленной является олеиновая кислота (C18:1n9c) – 7,313%, известная своими кардиопротекторными свойствами, снижая уровень «плохого» холестерина (LDL) в крови [26]. Пальмитолеиновая кислота (C16:1), присутствующая в количестве 1,737%, также способствует нормализации липидного обмена и обладает противовоспалительными свойствами.

Полиненасыщенные жирные кислоты составляют наибольшую долю среди всех жирных кислот в образце. Особое внимание привлекает γ -линоленовая кислота (C18:3n6), которая является преобладающей и составляет 37,164%. Эта кислота относится к омега-6 жирным кислотам и играет важную роль в синтезе простагландинов, регулирующих воспалительные процессы [27]. Линолевая кислота (C18:2n6c), которая составляет 7,678%, принадлежит к омега-6 жирным кислотам и играет ключевую роль в поддержании целостности клеточных мембран, а также в синтезе эйкозаноидов, регулирующих воспалительные процессы и иммунный ответ [28]. Кроме того, обнаружены другие полиненасыщенные кислоты, такие как эйкозатриеновая кислота (C20:3n6c), которые, несмотря на меньшую концентрацию, выполняют значимые функции в организме.

Распределение жирных кислот в образце выглядит следующим образом: полиненасыщенные жирные кислоты составляют 45,647%, насыщенные – 43,955%, а мононенасыщенные – 10,398%. Этот баланс между различными типами жирных кислот подчеркивает важность полиненасыщенных кислот, особенно γ -линоленовой, в биологических процессах, таких как регулирование воспалений и поддержание целостности клеточных мембран.

Таким образом, проведенный анализ жирнокислотного состава показал, что исследуемый образец является ценным источником биологически активных соединений, обладающих потенциальной функциональной значимостью. Высокое содержание γ -линоленовой кислоты подчеркивает его значимость как источника омега-6 жирных кислот, необходимых для нормального функционирования организма. Существенная концентрация пальмитиновой и лауриновой кислот открывает перспективы для применения данного сырья в производстве продуктов с противовоспалительными и антимикробными свойствами.

Кроме того, результаты химического анализа *Calligonum setosum* Litv. подтвердили его ценность как источника аминокислот и полиненасыщенных жирных кислот, которые могут найти применение в химической, фармацевтической и пищевой промышленности. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка эффективных технологий экстракции, очистки и стандартизации данных соединений. Это позволит получить высокоочищенные вещества для создания лекарственных препаратов и биологически активных добавок с высокой степенью безопасности и биодоступности.

Список литературы

1. Джузгун. Железные земли / Джузгун. – Москва: Советская энциклопедия, 1952. – Т. 51.
2. Song F. Complete plastome sequencing resolves taxonomic relationships among species of *Calligonum* L. (Polygonaceae) in China / F. Song и др. // BMC Plant Biol. – 2020. – Vol. 20. – P. 261.
3. Омархан Е.Е. Растение джузгун (*Calligonum setosum* L.): применение в медицине / Е.Е. Омархан, М.Ж. Базарбаева // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 229-231.
4. Исследование химического состава растений рода *Calligonum* и их фармакологической активности [Электронный ресурс] / Алматинский медицинский университет. – URL: <https://amu.edu.kz/upload/iblock/7a8/7a8ae57c90be3d4acf0e26654d4f6dc7.pdf>
5. Омархан Е.Е. Химический состав растения кандыма щетинистого (*Calligonum setosum* L.) / Е.Е. Омархан // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. CLX междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2023. – № 5(159).
6. Barati, S. The Antioxidant Effects of *Calligonum* Extract on Oxidative Stress in Spermatogonial Stem Cells Culture / S. Barati, M. Movahedin // Pharmaceutical Sciences. – 2021. – Vol. 27, № 4. – P. 521-527.
7. Alghamdi S.S. Exploring in vitro and in silico Biological Activities of *Calligonum Comosum* and *Rumex Vesicarius*: Implications on Anticancer and Antibacterial Therapeutics / S.S. Alghamdi et al // Saudi Pharmaceutical Journal. – 2023. – <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2023.101794>.

8. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2022. – Vol. 35, № 4. – P. 1201-1208.
9. Pervaiz I. GC-MS metabolic profiling and anti-urease activity of non-polar fractions of *Calligonum polygonoides* / I. Pervaiz et al // Tropical Journal of Pharmaceutical Research. – 2019. – Vol. 18, № 9. – P. 1955-1960.
10. Duan, H. Complete chloroplast genome of *Calligonum mongolicum* and comparative analysis with other *Calligonum* species [Электронный ресурс] / H. Duan et al // Genes. – 2023. – Vol. 14. – № 2. – P. 441. <https://doi.org/10.3390/genes14020441>.
11. Сингх Х.П. Тяжелые металлы в лекарственных растениях: исследование и управление / Х.П. Сингх, М. Махунджу, Р.Т. Бауэр // Фитотерапия. – 2018. – Т. 29, № 3. – С. 160-170.
12. Гарднер Г. Дж. Риск загрязнения тяжелыми металлами в травяных препаратах / Г.Дж. Гарднер, Р.Н. Пирс // Экологический мониторинг и оценка. – 2010. – Т. 166, № 1-4. – С. 307-318.
13. Государственная фармакопея Республики Казахстан: в 1 т. – Алматы: Издательский дом «Жибек жолы», 2009. – Т. 1.
14. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
15. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – Москва: Мир, 1989. – 439 с.
16. Danbolt N.C. / Glutamate uptake / N.C. Danbolt // Progress in Neurobiology. – 2001. – Vol. 65, № 1. – P. 1-105. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(00\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(00)00067-8).
17. Smirnov A. Histidine as an Essential Amino Acid in Human Metabolism / A. Smirnov, E. Vorobyeva, A. Gantsev // Amino Acids. – 2018. – Vol. 50, № 4. – P. 1257-1267. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2625-3>.
18. Van Winkle L.J. Amino acid transport and metabolism in mammalian preimplantation embryos / L.J. Van Winkle // Frontiers in Bioscience. – 2001. – Vol. 6. – P. 618-630. – <https://doi.org/10.2741/vanwink>.
19. Morris S.M. Jr. Arginine metabolism: Enzymology, nutrition, and clinical significance / S.M. Morris Jr. // Journal of Nutrition. – 2004. – Vol. 134, № 10. – P. 2743-2747. – <https://doi.org/10.1093/jn/134.10.2743S>.
20. Layman D.K. The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis / D.K. Layman // Journal of Nutrition. – 2003. – Vol. 133, № 1. – P. 261-267. <https://doi.org/10.1093/jn/133.1.261S>.
21. Felig P. The glucose-alanine cycle / P. Felig // Metabolism. – 1973. – Vol. 22, № 2. – P. 179-207. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(73\)90269-2](https://doi.org/10.1016/0026-0495(73)90269-2).
22. Fernstrom J.D. Tyrosine, phenylalanine, and catecholamine synthesis and function in the brain / J.D. Fernstrom // Journal of Nutrition. – 2000. – Vol. 130, № 2S Suppl. – P. 1539-1547. <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.1539S>.
23. Brosnan J.T. The sulfur-containing amino acids: An overview / J.T. Brosnan, M.E. Brosnan // Journal of Nutrition. – 2006. – Vol. 136, № 6. – P. 1636-1640. <https://doi.org/10.1093/jn/136.6.1636S>.
24. Carta G. Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications / G. Carta et al // Frontiers in Physiology. – 2017. – Vol. 8. – P. 902.
25. Dayrit F.M. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil / F.M. Dayrit // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2015. – Vol. 92, № 1. – P. 1-15.
26. Труфанов, Н.С. Олеиновая кислота: её роль в питании и влияние на сердечно-сосудистую систему / Н.С. Труфанов, О.Н. Тихонов // Журнал кардиологии. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 45-50.
27. Fan Y.Y. Importance of dietary gamma-linolenic acid in human health and nutrition / Y.Y. Fan, R.S. Chapkin // The Journal of Nutrition. – 1998. – Vol. 128, № 9. – P. 1411-1414.
28. Simopoulos A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids / A.P. Simopoulos // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2002. – Vol. 56, № 8. – P. 365-379.

References

1. Dzhuzgun. Zheleznye zemli / Dzhuzgun. – Moskva: Sovetskaya ehntsiklopediya, 1952. – Т. 51. (In Russian).
2. Song F. Complete plastome sequencing resolves taxonomic relationships among species of *Calligonum* L. (Polygonaceae) in China / F. Song i dr. // BMC Plant Biol. – 2020. – Vol. 20. – P. 261. (In English).

3. Omarkhan E.E. Rastenie dzhuzgun (*Calligonum setosum* L.): primeneniye v meditsine / E.E. Omarkhan, M.ZH. Bazarbaeva // Aktual'nye voprosy sovremennoi nauki i obrazovaniya: sbornik statei XXVII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Penza, 2023. – S. 229-231. (In English).
4. Issledovanie khimicheskogo sostava rastenii roda *Calligonum* i ikh farmakologicheskoi aktivnosti [Elektronnyi resurs] / Almatinskii meditsinskii universitet. – URL: <https://amu.edu.kz/upload/iblock/7a8/7a8ae57c90be3d4acf0e26654d4f6dc7.pdf>. (In English).
5. Omarkhan E.E. Khimicheskii sostav rasteniya kandyma shchetinistogo (*Calligonum setosum* L.) / E.E. Omarkhan // Nauchnoe soobshchestvo studentov: Mezhdistsiplinarnye issledovaniya: sb. st. po mat. CLX mezhdunar. stud. nauch.-prakt. konf. – 2023. – № 5(159). (In English).
6. Barati, S. The Antioxidant Effects of *Calligonum* Extract on Oxidative Stress in Spermatogonial Stem Cells Culture / S. Barati, M. Movahedin // *Pharmaceutical Sciences*. – 2021. – Vol. 27, № 4. – P. 521-527. (In English).
7. Alghamdi S.S. Exploring in vitro and in silico Biological Activities of *Calligonum Comosum* and *Rumex Vesicarius*: Implications on Anticancer and Antibacterial Therapeutics / S.S. Alghamdi et al // *Saudi Pharmaceutical Journal*. – 2023. – <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2023.101794>. (In English).
8. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2022. – Vol. 35, № 4. – P. 1201-1208. (In English).
9. Pervaiz I. GC-MS metabolic profiling and anti-urease activity of non-polar fractions of *Calligonum polygonoides* / I. Pervaiz et al // *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. – 2019. – Vol. 18, № 9. – P. 1955-1960. (In English).
10. Duan, H. Complete chloroplast genome of *Calligonum mongolicum* and comparative analysis with other *Calligonum* species [Elektronnyi resurs] / H. Duan et al // *Genes*. – 2023. – Vol. 14. – № 2. – P. 441. <https://doi.org/10.3390/genes14020441>. (In English).
11. Singkh KH.P. Tyazhelye metally v lekarstvennykh rasteniyakh: issledovanie i upravlenie / KH.P. Singkh, M. Makhundzhu, R.T. Bauehr // *Fitoterapiya*. – 2018. – T. 29, № 3. – S. 160-170. (In Russian).
12. Gardner G. Dzh. Risk zagryazneniya tyazhelymi metallami v travyanykh preparatakh / G.Dzh. Gardner, R.N. Pirs // *Ehkologicheskii monitoring i otsenka*. – 2010. – T. 166, № 1-4. – S. 307-318. (In Russian).
13. Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Kazakhstan: v 1 t. – Almaty: Izdatel'skii dom «Zhibek zhoIY», 2009. – T. 1. (In Russian).
14. Il'in V.B. Tyazhelye metally v sisteme pochva — rastenie / V.B. Il'in. – Novosibirsk: Nauka, 1991. – 151 s. (In Russian).
15. Kabata-Pendias A. Mikroehlementy v pochvakh i rasteniyakh / A. Kabata-Pendias, KH. Pendias. – Moskva: Mir, 1989. – 439 s. (In Russian).
16. Danbolt N.C. / Glutamate uptake / N.C. Danbolt // *Progress in Neurobiology*. – 2001. – Vol. 65, № 1. – P. 1-105. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(00\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(00)00067-8). (In English).
17. Smirnov A. Histidine as an Essential Amino Acid in Human Metabolism / A. Smirnov, E. Vorobyeva, A. Gantsev // *Amino Acids*. – 2018. – Vol. 50, № 4. – P. 1257-1267. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2625-3>. (In English).
18. Van Winkle L.J. Amino acid transport and metabolism in mammalian preimplantation embryos / L.J. Van Winkle // *Frontiers in Bioscience*. – 2001. – Vol. 6. – P. 618-630. – <https://doi.org/10.2741/vanwink>. (In English).
19. Morris S.M. Jr. Arginine metabolism: Enzymology, nutrition, and clinical significance / S.M. Morris Jr. // *Journal of Nutrition*. – 2004. – Vol. 134, № 10. – P. 2743-2747. – <https://doi.org/10.1093/jn/134.10.2743S>. (In English).
20. Layman D.K. The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis / D.K. Layman // *Journal of Nutrition*. – 2003. – Vol. 133, № 1. – P. 261-267. <https://doi.org/10.1093/jn/133.1.261S>. (In English).
21. Felig P. The glucose-alanine cycle / P. Felig // *Metabolism*. – 1973. – Vol. 22, № 2. – P. 179-207. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(73\)90269-2](https://doi.org/10.1016/0026-0495(73)90269-2). (In English).
22. Fernstrom J.D. Tyrosine, phenylalanine, and catecholamine synthesis and function in the brain / J.D. Fernstrom // *Journal of Nutrition*. – 2000. – Vol. 130, № 2S Suppl. – P. 1539-1547. <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.1539S>. (In English).

23. Brosnan J.T. The sulfur-containing amino acids: An overview / J.T. Brosnan, M.E. Brosnan // Journal of Nutrition. – 2006. – Vol. 136, № 6. – P. 1636-1640. <https://doi.org/10.1093/jn/136.6.1636S>. (In English).
24. Carta G. Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications / G. Carta et al // Frontiers in Physiology. – 2017. – Vol. 8. – P. 902. (In English).
25. Dayrit F.M. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil / F.M. Dayrit // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2015. – Vol. 92, № 1. – P. 1-15. (In English).
26. Trufanov, N.S. Oleinovaya kislota: ee rol' v pitanii i vliyanie na serdechno-sosudistuyu sistemuyu / N.S. Trufanov, O.N. Tikhonov // Zhurnal kardiologii. – 2010. – Т. 16, № 4. – S. 45-50. (In Russian).
27. Fan Y.Y. Importance of dietary gamma-linolenic acid in human health and nutrition / Y.Y. Fan, R.S. Chapkin // The Journal of Nutrition. – 1998. – Vol. 128, № 9. – P. 1411-1414. (In English).
28. Simopoulos A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids / A.P. Simopoulos // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2002. – Vol. 56, № 8. – P. 365-379. (In English).

А.Ж. Жолдасбай*, Г.А. Сейтимова, А.А. Тургумбаева, Г.Ш. Бурашева
 Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
 050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71
 *e-mail: zhumagazeyevaa@gmail.com

CALLIGONUM SETOSUM LITV. ӨСІМДІГІН ФИТОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Өсімдіктердің химиялық құрамын зерттеу және оларды дәрілік препараттар мен биологиялық белсенді қоспалар өндіруде пайдалану Қазақстан Республикасының химия және фармацевтика салаларын дамыту контекстінде барған сайын маңызды болуда. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы және басқа да ұлттық стратегиялар аясында ел биотехнология, агрохимия, химиялық технология және фармацевтика салаларында инновациялық шешімдер әзірлеуге ұмтылуда. Әсіресе, пайдалы қосылыстардың көзі бола алатын өсімдіктерге ерекше назар аударылуда. *Calligonum setosum Litv.* сияқты өсімдіктерді зерттеу ішкі фармацевтикалық өндіріс қуатын арттыру жағдайында өзекті болып табылады.

Мақалада Қазақстан аумағында өсетін *Calligonum setosum Litv.* (мікенді жүзгін) өсімдік шикізатының амин қышқылдық және май қышқылдық құрамы бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу барысында аминқышқылдарының, соның ішінде глутамин және аспарагин қышқылдарының, сондай-ақ γ -линолен қышқылы сияқты көп қанықпаған май қышқылдарының жоғары мөлшері анықталды. Тауарлық сипаттамалары, технологиялық параметрлері және ауыр металдар құрамына баға берілді. Алынған нәтижелер бұл өсімдікті таза қосылыстарды бөліп алу, сонымен бірге фармацевтикалық препараттар мен биологиялық белсенді қоспаларды әзірлеу үшін қолдануға болатындығын көрсетеді. Бұл мәліметтер өсімдік шикізатын өңдеудің жаңа әдістерін әзірлеу және болашақ зерттеулер үшін негіз бола алады.

Түйін сөздер: *Calligonum setosum Litv.*, амин қышқылын талдау, май қышқылының құрамы, тауарлық талдау, технологиялық көрсеткіштер.

A.Zh. Zholdasbay*, G.A. Seitimova, A.A.Turgumbaeva, G.Sh. Burasheva
 Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty
 050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue
 *e-mail: zhumagazeyevaa@gmail.com

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF CALLIGONUM SETOSUM LITV.

The study of the chemical composition of plants and their use to produce pharmaceuticals and biologically active additives are becoming increasingly important in the context of the development of the chemical and pharmaceutical industries of the Republic of Kazakhstan. Within the framework of the state program «Digital Kazakhstan» and other national strategies, the country is dedicated to creating innovative solutions in biotechnology, agrochemistry, chemical technology, and pharmaceuticals. Special attention is paid to plants, which can become sources of useful substances. Research on plants such as *Calligonum setosum Litv.* is especially relevant in the context of increasing domestic pharmaceutical capacities.

The article presents data on the study of the amino acid and fatty acid composition of plant material *Calligonum setosum Litv.*, which grows on the territory of Kazakhstan. The study revealed a high content of amino acids, including glutamic and aspartic acids, as well as polyunsaturated fatty acids such as γ -linolenic acid. An analysis of the commodity, evaluation of heavy metal content, and assessment of technological parameters were carried out. The results indicate the potential of using this plant for isolating substances in

their pure form, as well as for developing medicines and biologically active additives. The obtained data can become the basis for further research and development of new methods of processing plant raw materials.

Key words: *Calligonum setosum Litv., amino acid analysis, fatty acid composition, commodity analysis, technological indicators.*

Сведения об авторах

Асель Жумагалиевна Жолдасбай* – докторант кафедры Химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров; Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: zhumagazeyevaa@gmail.com. ORCID: [https:// orcid.org/0009-0006-0318-1443](https://orcid.org/0009-0006-0318-1443).

Гульназ Абсаттаровна Сейтимова – PhD, ассоц. профессор кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров; Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: sitigulnaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-1255>.

Акнур Аманбековна Тургумбаева – PhD, ассоц. профессор кафедры фундаментальной медицины, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: aknurik_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8000-9202>.

Гаухар Шахмановна Бурашева – доктор химических наук, профессор кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров; Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

Авторлар туралы мәліметтер

Асель Жумагалиевна Жолдасбай* – Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технология кафедрасының докторанты; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: zhumagazeyevaa@gmail.com. ORCID: [https:// orcid.org/0009-0006-0318-1443](https://orcid.org/0009-0006-0318-1443).

Гульназ Абсаттаровна Сейтимова – PhD, Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технология кафедрасының қауым. профессоры; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: sitigulnaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-1255>.

Акнур Аманбековна Тургумбаева – PhD, фундаменталды медицина кафедрасының қауым. профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: aknurik_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8000-9202>.

Гаухар Шахмановна Бурашева – Химия ғылымдарының докторы, Органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технология кафедрасының профессоры; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

Information about the authors

Assel Zhumagaleyevna Zholdasbay* – Doctoral student of the Department of Chemistry and Technology of Organic Substances, Natural Compounds and Polymers; Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhumagazeyevaa@gmail.com. ORCID: [https:// orcid.org/0009-0006-0318-1443](https://orcid.org/0009-0006-0318-1443).

Gulnaz Absattarovna Seitimova – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry and Technology of Organic Substances, Natural Compounds and Polymers; Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: sitigulnaz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-1255>.

Aknur Amanbekovna Turgumbayeva – PhD, Associate Professor of the Department of Fundamental Medicine, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: aknurik_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8000-9202>.

Gauhar Shakhmanovna Burasheva – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry and Technology of Organic Substances, Natural Compounds and Polymers; Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: gauharbur@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2935-3531>.

*Поступила в редакцию 03.12.2024
Поступила после доработки 07.02.2025
Принята к публикации 26.02.2025*



А.О. Оразымбетова¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹, А.Б. Иса¹

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы, 5

²И.М. Губкин. атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы,
Өзбекстан Республикасы, Ташкент қ.

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ЦЕОЛИТТЕРДІҢ ӘР ТҮРЛІ САЛАЛАРДА ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ (ШОЛУ)

Аңдатпа: Цеолиттердің ерекше қасиеттеріне байланысты олардың қолдану аясы өте кең. Толықтырғыштар резиналардың химиялық, технологиялық, физика-механикалық және экономикалық көрсеткіштерінің кешеніне тиімді әсер етуге мүмкіндік беретін резина қоспалары рецептінің маңызды компоненттерінің бірі болып табылады. Толықтырғыштардың бұл қатарында цеолит ерекше орын алады. Осы шолудың мақсаты цеолиттердің қасиеттерін, қолданылуын зерттеу және оларды промоторлық жүйе ретіндегі зерттеулерді жалғастыру үшін қарастырылған жұмыстарға талдау жасау болып табылады. Соңғы жылдары минералды шикізат негізіндегі промоторлық жүйелердің жаңа түрлерін жасау бойынша белсенді зерттеулер жүргізілуде. Бейорганикалық адгезия промоторларына тән қасиет олардың металл иондарын баяу шығару қабілеті болып табылады, яғни бұл эксплуатациялау кезінде резинаны жезбен қапталған металлға бекіту тиімділігіне оң әсер етеді. Бұл металл тұздарын жағымсыз әсерлерсіз, әсіресе, шикізаттың салыстырмалы арзандығынан туындайтын минералды тұздарды азғана мөлшерде енгізуге мүмкіндік береді. Цеолиттер ерекше қасиеттерге және құрылымдық ерекшеліктерге ие минералдар ретінде ұзақ уақыт бойы зерттеушілердің назарында. Табиғаттан белгілі болған барлық 52-ден астам минералдың түрлері және цеолит сорттарының тек кейбір түрлері практикалық мақсатта қолдану талаптарын қанағаттандырады. Яғни ірі мономинералды концентрацияларды құрайды және сәйкесінше пайдалы қасиеттерге ие: жоғары адсорбциялық қабілет, катиондық сыйымдылық, және термо- және қышқылға төзімділік. Материалдық және химиялық құрамының, текстуралық және құрылымдық сипаттамаларының, физикалық, механикалық және адсорбциялық қасиеттерінің әртүрлілігіне байланысты цеолиттер көп мақсатта қолданылатын шикізат ретінде қарастырылуы мүмкін. Ал кез келген минералды шикізатты өнеркәсіптің әртүрлі салаларында табысты пайдалану үшін олардың текстуралық және құрылымдық сипаттамаларын тереңінен зерттеу, сонымен қатар заманауи технологиялық әдістер мен тәсілдерді қолдана отырып, пайдалы қасиеттерін арттырудың жаңа жолдарын іздеу қажет.

Түйін сөздер: цеолит, табиғи минерал, резина қоспасы, адгезия промоторлары, клиноптилолит, каркас, кеукеті.

Кіріспе

Резина өнеркәсібінің алдында шикізатты үнемдеу және еңбек жағдайларын жақсартумен қатар өнім сапасын одан әрі арттыру мақсатындағы күрделі техника-экономикалық міндеттер тұр. Оларды жүзеге асыру үшін цеолиттердің (табиғи және синтетикалық) ерекше қасиеттерін, қолдану аясын, маңыздылығын тереңінен зерттеу қажет. Тақырыпты шолудың мақсаты аталған цеолиттердің резина саласында адгезия промоторлары ретінде қолданылуын қарастыру болып табылады.

Адгезия промоторлары – резина мен металлкорд арасындағы байланыстың жоғары және тұрақты беріктігін қамтамасыз ету үшін брекер резина қоспасының қажетті құрамдас бөлігі.

«Эластомер-металл» жүйесіндегі адгезиялық байланыстың жоғарылауы резинаны металлға желімдеу арқылы адгезия промоторларымен қамтамасыз етіледі. Адгезиялық промоторларды қолдану металдық арматурадан резина қоспасының ажырауын болдырмау үшін ілінісу қасиетін арттыру арқылы осы байланысты жақсартуға мүмкіндік береді. Адгезия промоторларының резина қоспасының металлға бекітілуіне әсері олардың металл бетімен өзара әрекеттесу және күшті химиялық байланыс түзу қабілетіне байланысты.

Резинаны металлға бекіту қиын міндеттердің бірі болып табылады, өйткені бұл жағдайда мүлдем гетерогенді және бір-біріне жақындығы жоқ материалдар жанасады [1]. Осы бағыт бойынша ғылыми әдебиеттерді талдау адгезияның жаңа промоторларын мақсатты бағытта іздеудің жеткілікті күрделі теориялық жағын көрсетеді [1-5].

Өнеркәсіптік тәжірибеде резина қоспаларында адгезия промоторларының екі түрі қолданылады: ауыспалы валентті металдардың органикалық тұздары, әдетте кобальт пен никель және модификацияланған органикалық шайырлардың барлық түрлері [1].

Қазіргі уақытта қолданылатын көптеген промоторлық жүйелер импорттық өнімдер болып табылады және олардың өзіндік құны жоғары. Сондықтан, тиімділігі жағынан қол жетімді шикізатпен өндірілетін және салыстырмалы түрде төмен құны бар белгілі импорттық өнімдерден кем түспейтін жаңа адгезия промоторларын әзірлеу ғылыми зерттеулердің өзекті міндеті болып табылады.

Соңғы жылдары минералды шикізат негізіндегі промоторлық жүйелердің жаңа түрлерін жасау бойынша белсенді зерттеулер жүргізілуде. Бейорганикалық адгезия промоторларының өзіне тән ерекшелігі – олардың металл иондарын баяу шығару қабілеті, бұл эксплуатациялау кезінде резинаны жезден жасалған металға бекіту тиімділігіне оң әсер етеді. Бұл металл тұздарын әсіресе минералдарға азғана мөлшерде жағымсыз әсерсіз енгізуге мүмкіндік береді, осы негізінен бастапқы шикізаттың салыстырмалы арзандығынан туындайды [4, 5].

Мақалада резинаның металлордқа адгезиясын арттыратын цеолит негізіндегі аралас промоторлық жүйені алу үшін және табиғи цеолиттің құрылымы мен ерекше қасиеттерін зерттеу мақсатында келесі маңызды мәселелер қарастырылады: цеолиттердің шығу тарихы; цеолиттердің әлемдік қоры және ірі кен орындары; цеолиттердің табиғи және жасанды аналогтары; цеолиттердің химиялық құрамы және ішкі құрылымы; цеолиттердің адсорбциялық қасиеттері; цеолиттерді модификациялау; цеолиттердің қолданылу салалары.

Цеолиттің шығу тарихы

Табиғи цеолиттер қазіргі уақыттан шамамен 268 жыл бұрын белгілі болған екен. Тарихқа жүгінсек «цеолит» терминін Швед минералогы Аксель Ф. Кронштедт 1756 жылы қыздырылған кезде минералды үлгінің бетінде көбік түзілуін байқағаннан кейін енгізді. Минерал «қайнаған» болғандықтан, оны «цеолит» деп атады, яғни грек тілінен аударғанда *zein* «қайнату» және *lithos* «тас» деген мағына береді. Кейінірек бұл құбылыс минералды кеуектердің ішінде гидратациялық суды қыздырғанда бөліну құбылысы болғанын түсіндірді. Кронштедт минералы стеллерит пен стилбиттің қоспасы ретінде анықталды. 1840 жылы Дамур бұл материалдардың қайтымды ылғалдануы мен сусыздануын көрсетті. 1858 жылы табиғи цеолиттердің (шабазит және натролит) катион алмасу қасиеттері алғаш рет анықталды. 1862 жылы левайн синтезделді. Бұл материалдардың алғашқы өнеркәсіптік жетістігі, яғни оларды кір жуу үшін суды жұмсартқыштар ретіндегі ион алмасу қасиеттеріне байланысты қолданды. Бұл олардың негізгі қолданыс көзі ретінде пайдаланылды [6, 7].

Цеолиттер туралы ғылымның заманауи тарихы XX ғасырдың 30-40 жылдарында жаңа цеолиттер синтезделіп, олардың қолдану тәсілдері сипатталып, цеолиттердің алғашқы жіктелуі берілген кезден басталады.

1932 жылы Макбейннің жұмысында алғаш рет цеолиттерге және олардың адсорбция процестеріне, яғни "молекулалық елек" термині қолданылды. Бұл цеолит ғылымындағы ерекше бетбұрыс еді, өйткені ол жас ғалым Р.М. Баррерді цеолиттердегі әртүрлі молекулалардың қоспаларын бөлуді зерттеуге шабыттандырды. Ол бөліну процестеріне байланысты адсорбент ретінде цеолиттердің үлкен кереметін көрді. Келесі 20 жыл бойы ол цеолит синтезі бойынша зерттеулерді сәтті жүргізді. Осылайша ол табиғи цеолиттердің кристалдану шарттарын зерттеуге шабыттанып (гидротермиялық, яғни сілтілі орта және 200°C-тан жоғары температурада), нәтижесінде табиғи цеолиттердің P және Q деп аталатын табиғи аналогтары жоқ шабазит, морденит және басқалары сияқты кейбір синтетикалық аналогтарын алды [7, 8].

1949 жылы ол цеолиттердегі сілтілі-аммоний катиондарының алмасуын, содан кейін қыздыруды (күйдіруді) оларды протон алмасу түрінде алу стратегиясы ретінде сипаттады. Императорлық колледжде (1954-1976) жұмыс істеген профессор Р.М. Баррер тетраалкиламмоний катиондарын қолдана отырып, цеолиттің алғашқы синтезін жасады, ол кейіннен кеңінен танылды, яғни ол бүгінгі күнге дейін өзекті болып қала беретін жаңа цеолит материалдарын алудың тиімді әдісі болып табылды.

Баррердің ашқан жаңалықтары өнеркәсіптің цеолиттерге деген қызығушылығын тудырды және цеолиттердің өнеркәсіптік өндірісінің дамуына және оларды қолдануға түрткі болды. 50-ші жылдары синтетикалық цеолиттерді өнеркәсіптік шығару және оларды қолдану басталды. Сонымен қатар 1960 жылдардың басында АҚШ-та, Жапонияда және кейбір басқа

елдерде табиғи цеолиттердің ірі кен орындары ашылды. Жаңа кен орындарының ашылуы олардың практикалық қолданылуын айқындайды [6].

Өткен ғасырдың 70 жылдары адамзаттың "цеолит дәуіріне" кіруін атап өтті, бұл жаһандық сауықтыру және қоршаған ортаны қорғау мәселесінің үлкен өзектілігімен байланысты, осы мақсаттарды жүзеге асыру үшін цеолиттерді тиімді пайдалану қолға алында [6].

Ұзақ уақыт бойы олар сирек кездесетін минералдар болып саналды және олар коллекциялық экспонат ретінде қызықты болды. Бірақ бүгінде өзінің ерекше қасиеттерінің арқасында табиғи цеолиттер тіршілік әрекетінің көптеген салаларында кеңінен қолданыла бастады [7, 9].

Цеолиттердің әлемдік қоры және ірі кен орындары

Құрамында цеолиті бар жыныстардың әлемдік қоры бірнеше миллиард тоннаны құрайды, олардың негізгі бөлігі Ресейде, Қытайда, Қазақстанда, Жапонияда, АҚШ-та, Оңтүстік Кореяда және Грузияда шоғырланған. Мәселен, қазіргі уақытта әлемде цеолиттерді өндіру көлемі шамамен 30 млн. тоннаны құрайды және жыл сайын 20-25%-ға өседі [7]. Табиғи цеолитті әлемдік нарыққа қолдану және жеткізу көшбасшылары: Қытай (66,7%), Оңтүстік Корея (7,0%), Жапония (5,0%) және тағы басқа елдер.

Заманауи өнеркәсіптегі цеолиттердің маңызды рөлін АҚШ, Жапония, Италия, Югославия, Болгария растайды және кейбір басқа да елдерде жыл сайын 300 мың тоннаға жуық табиғи цеолит жыныстары өндіріледі.

ТМД ерекше назар аударатын цеолит тасымалдаушы аудандар, олар: Закарпат (Сокирниц кен орнының клиноптилолиті, Водицк, Липчинск кен орнының морденитпен клиноптилолиті), Закавказье (жалғыз Ахалцих кен орнының филлипситі, Тедзам, Дзегви, Айдаг, Ноемберян кен орындары), Бадхыз (Түрікменстан, Бадхыз кен орнының клиноптилолиті), Панфилов (Койбын кен орнының клиноптилолиті) және Призайсан (Қазақстан, Тайжюзген, Шанқанай кен орындарының клиноптилолиті) [10-12].

Шанқанай және Тайжюзген кен орындарын қоры бойынша орташа санатқа жатқызуға болады (Тайжюзген кен орнындағы цеолиттердің қоры - 7 млн.т., Шанқанай кен орнында -4,3 млн. т.). Оңтүстік Қазақстанда Алтын-Эмель, Қаржантау және Даубабин сияқты цеолит кен орындары алдын ала бағаланады.

Шанқанай кен орны цеолитін Қазақстанның Алматы облысындағы Кербұлақ ауданынан көруге болады. Цеолитті өндіру 1997 жылдан бастап Таза Су компаниясының қайта өңдеу зауытында қолға алынған. Шанқанай кен орны цеолиті негізінен көптеген мақсатта қолдануға жарамды таза алюмосиликатты шикізат болып табылады.

«Таза-Су» ЖШС (2003ж.) – табиғи цеолиттен шаруашылық-ауыз суы мен сарқынды суларды тазартуға арналған сүзгі материал шығаратын кәсіпорын. Сондай-ақ, цеолитті металлургия, химия, мұнай-газ саласындағы кәсіпорындарда және жануарлар мен құстардың жемдеріне тиімді қоспа ретінде қолданылады [13].

Цеолиттердің табиғи және жасанды аналогтары

Шығу тегі бойынша цеолиттер 2 үлкен топқа бөлінеді:

- табиғи цеолиттер (табиғи шығу тегі бар, олар екі түрге бөлінеді): шөгінді, жанартау;
- синтетикалық (жасанды жолмен алынған).

Цеолит түрлерінің әрқайсысының таңқаларлық өзіндік ерекшеліктері бар-біреуі жоғары пластикалық, екіншісі қанық күлгін түсті және қатты құрылым, үшіншісі өңдеуге өте ыңғайлы, ол әртүрлі заттармен жеңіл байланысады, яғни бұл минералды қолдану арқылы әртүрлі қасиетке ие нұсқаларды алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта цеолиттердің шамамен 53 табиғи және 100 жасанды аналогтары белгілі. Табиғи цеолиттердің ең көп таралғаны: клиноптилолит $(K_2Na_2Ca)_3[Al_6Si_{30}O_{72}] \cdot 20H_2O$; гейландит $(Na,K)Ca_4[Al_6Si_{27}O_{72}] \cdot 24H_2O$; филлипсит $K_2(CaO_5Na)_4 [Al_6Si_{10}O_{32}] \cdot 12H_2O$; ломонтит $Ca_4[Al_8Si_{16}O_{48}] \cdot 16H_2O$; морденит $(Na_2K_2Ca)_4 [Al_8Si_{40}O_{96}] \cdot 28H_2O$; эрионит $NaK_2Mg, Ca_{15}[Al_8Si_{28}O_{72}] \cdot 28H_2O$; шабазит $(Ca,Na_2)_2[Al_4Si_8O_{24}] \cdot 12H_2O$; феррьерит $(Na,K) Mg_2Ca_{0,5}[Al_8Si_{30}O_{72}] \cdot 20H_2O$; анальцим $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$. Қалған цеолиттер жиі кездеспейді, бірақ табиғи цеолиттердің ең үлкен практикалық құндылығы тек бірнеше сорттарға ие, олар: клиноптилолит, морденит және шабазит [14, 15].

Цеолит жыныстары кен орындарының ерекше сипаттамасы – кең ауқымда өзгеретін цеолитизация дәрежесі (цеолиттердің құрамы). Айта кету керек, цеолит жынысының құрамында 40%-дан астам таза цеолит бар табиғи минералға практикалық қызығушылық туады, ал цеолит жыныстарында басқа, егер олардың құрамында опал, монтмориллонит, кальцит, кристобалит болса, цеолит мөлшері аз жыныстар (10%-дан 40%-ға дейін) қатарында болады. Жоғары сапалыларға құрамында 70%-дан астам цеолит минералы бар жыныстар, орташа сапалыларға – 50-70% және кедей кендерге – 15-50% жатады [9].

Табиғи цеолиттер жанартау жыныстары мен күл қабаттары сілтілі жер асты суларымен әрекеттесетін жерде пайда болады. Цеолиттер сонымен қатар таяз теңіз бассейндерінде мыңдаған миллиондаған жылдар аралығында шөгінділерден кейінгі ортада кристалданады. Табиғи түрде кездесетін цеолиттер таза түрінде сирек кездеседі және олар белгілі бір дәрежеде басқа минералдармен, металдармен, кварцпен немесе басқа цеолиттермен ластанған [15].

Цеолиттердің таралуында зоналылық байқалады: клиноптилолит пен морденит тереңдігі ломонтит, ломонтит вайрацитке ауысады. Цеолиттер кварц, кальцит, монтмориллонит, аралас қабатты саз минералдары, хлорит, слюда, адуляр, альбит, прениг, эпидог, сфен, апатит, сульфидтермен байланысты [12].

Жоғарыда айтылғандай, ТМД минералды құрамы бойынша цеолит жыныстары келесі типтерге бөлінеді: клиноптилолитті, морденит – клиноптилолитті, морденитті, шабазитті және филлипситті. Клиноптилолит (гейландит тобынан) барлық дерлік кен орындарындағы цеолит кендерінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Оның жыныстардағы құрамы 30-дан 95%-ға дейін. ТМД елдерінің цеолит жыныстары негізінен вулканогендік жыныстармен ұсынылған, оларда цеолиттердің жалпы мөлшері 15-100% құрайды [9].

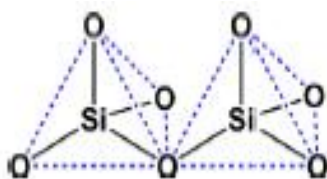
Цеолиттердің химиялық құрамы және ішкі құрылымы

Цеолиттердің фазалық құрамы мынадай пайыздық мөлшермен сипатталады: клиноптилолиттер (60-65%), монтмориллониттер (12%) және калийлі далалық шпаттар (3-3,5%). Цеолиттердің орташа статистикалық химиялық құрамы 1 кестеде келтірілді [16].

Кесте 1 – Цеолиттердің орташастатистикалық химиялық құрамы

Компоненттер, масс. %									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O
69,0- 74,0	0,08-0,16	11,4-14,0	0,60-1,8	0,02-0,05	1,7-3,3	0,4-1,7	4,0-5,5	0,4-0,9	10-ға дейін

Цеолиттерді кристалды микрокеукті алюмосиликаттан тұратын кеңістіктік бейорганикалық полимер ретінде қарастыруға болады, олардың қаңқасы (каркасы) TO₄ бөлетін бұрыштарынан тұратын тетраэдрлер (1 сурет), мұндағы Т әдетте Si немесе Al атомдарын білдіреді.



Сурет 1 – Бұрыштарды бөлетін SiO₄ екі тетраэдр

Алюмосиликатты цеолиттің эмпирикалық формуласын $M_y^{z+} + [Si_{1-x}Al_xO_2]^{x-}$, мұндағы $x = yz$ түрінде көрсетуге болады, мұндағы $x = yz$ көбінесе $0 \leq x \leq 0,5$ мәнімен шектеледі, бұл құбылыс Левенштейн ережесі [6, 8].

Цеолит каркасы бал ұясына ұқсас және кремний мен алюминий анионит тізбегінен түзілген. Құрылысына байланысты каркас теріс зарядқа ие (2 сурет). Каркастағы теріс зарядтар жоғарыдағы формулада M^z ретінде ұсынылған каркастан тыс катиондық қосылыстармен өтеледі. Бұл катиондар цеолит каркасының тесіктері мен қуыстарының ішінде орналасқан және синтез жағдайына және материалдың постсинтетикалық өңдеуден өткеніне (қыздыру, ион алмасу) байланысты органикалық (әдетте алкилammоний) немесе бейорганикалық (сілтілі, сілтілі жер және басқа металдар) болуы мүмкін. Табиғи цеолиттер мен көптеген синтетикалық цеолиттерде әдетте гидратталған металл катиондары бар және ол Кронштед ашқан жаңалыққа сүйенеді [6, 8].



Сурет 2 – Цеолиттердің каркасты құрылымдары

Цеолиттердің тиімді кеуек диаметрі 0,26-0,8 нм диапазонын құрайды. Кеуек тесігі цеолиттің су молекулаларымен толтырылған. Кремний мен алюминийдің үлкен қатынасы бар жоғары кремнийлі цеолиттер максималды сіңіру әсеріне ие. Бұл арақатынас ұлғайған сайын кеуектілік артады және қуыстардың (кеуек) диаметрі артады. Цеолиттің ерекшеліктеріне катион алмасуының жоғары сыйымдылығы (200-300мг·экв/100гр), жоғары су сіңіргіштігі (өз салмағының 50-100%), наноканалдардың болуы (2,6-6,7 Å), кремнеземнің жоғары мөлшері, температура мен қышқылдарға төзімділік жатады [16].

Цеолиттер шоғырынан шығатын құрылымдық минералды бірліктері қосылу формасы бойынша кіші кластарға бөлінеді, яғни шикізатты филлосиликаттардың кіші класына (қабатты немесе жапырақты силикаттар), оған палыгорскит, смектит, каолинит топтары жатады және тектосиликаттардың кіші класына (каркастық силикаттар) жатады [15, 17].

Жоғарыда айтылғандай, табиғатта белгілі 52-ден астам минералдың түрлері және цеолит сорттарының тек кейбір түрлері практикалық мақсатта қолдану талаптарын қанағаттандырады, яғни ірі мономинералды концентрацияларды құрайды және сәйкесінше пайдалы қасиеттерге ие: жоғары адсорбциялық қабілет, катиондық сыйымдылық, және қышқыл мен термотұрақтылық.

Төменде көрсетілген Si/Al қатынасы кіріс қуыстарының өлшеміне және бос кристалл ішіндегі кеңістіктің көлеміне байланысты табиғи цеолиттердің жіктелуі, цеолиттерді иониттер мен адсорбенттер ретінде пайдалануға мүмкін болатын аймақтарын бағалауға көмектеседі.

Алюмосиликатты цеолиттер үшін ион алмасу қасиеттерін, термиялық және химиялық тұрақтылықты анықтайтын маңызды сипаттама каркастағы кремний мен алюминийдің салыстырмалы құрамы болып табылады. Si/Al-ге қатынасы бойынша барлық цеолиттерді жоғары кремнийлі, аралық және жоғары алюминийлі деп бөлуге болады. 2 кестеде цеолиттердің Si/Al қатынасы бойынша жіктелуі келтірілген [15].

Кесте 2 – Цеолиттердің Si/Al қатынасы бойынша жіктелуі

Қаңқаның (каркас) құрамы		Түрлері
Жоғары кремнийлі	> 3	Ферьерит, морденит, клиноптилолит, гейландит
Аралық	3-2	Филлипсит, оффретит, фожазит, шабазит
Жоғары алюминийлі	<2	Томсонит, натролит, скалецит, мезолит, гоннарцит

Практикалық тұрғыдан алғанда кремнийі жоғары және аралық цеолиттер үлкен қызығушылық тудырады. Цеолит қаңқасындағы (каркас) алюминий мөлшері артқан сайын алмасу сыйымдылығы арта түсетіні анықталды. Алайда, ереже бойынша химиялық және термиялық тұрақтылық пен көбінесе кіріс қуыстарының тиімді диаметрі бір уақытта төмендейді [15].

Құрамында алюминий бар цеолиттер де бар, олар цеосилдер немесе кремнезем құрамды таза цеолиттер деп аталады. Олардың құрамында қосымша каркаста катиондар жоқ екендігі белгілі. Таза кремнезем және жоғары кремнеземқұрамды цеолиттер қарқынды зерттеу сатысында, өйткені олар гидрофобты бетке ие және әдетте үлкен термиялық және химиялық қасиеттерге ие. Олар дәстүрлі цеолиттерге қарағанда тұрақтылыққа ие, олар адсорбцияда қолдану үшін пайдаланылады.

Барлық цеолит тәрізді материалдарда (цеотиптерде) міндетті түрде бола бермейтін Si және Al-дан басқа, яғни каркастағы тетраэдрлік үйлестіруде B, Be, Co, Fe, Ga, Ge, Mg, P, Ti және Zn тәрізді атомдар болуы мүмкін. Алюмосиликатты цеолиттерге ұқсас немесе олардан ерекшеленетін құрылымдар болып табылатын цеолиттердің құрамының көптеген нұсқалары бар. Сонымен, цеолит құрамының әртүрлілігі туралы цеолит құрылымдары туралы мәліметтер базасындағы кеңейтілген «химиялық іздеуден» білуге болады. Айта кету керек,

кейбір «гетероатомдардың» болуы белгілі бір құрылымдардың кристалдануына, әртүрлі химиялық қасиеттерге ықпал етуі мүмкін [6, 8].

Цеолиттерді құрылымдық сипаттаудың тағы бір тәсілі олардың кеуекті жүйелерінің өлшемдеріне, байланыстылығына, топологиясына және геометриясына негізделген. Кеуектер-бұл каркас атомдары иеленбейтін каркас ішіндегі бос кеңістіктер. Бұл тесіктер қалай қосылғанына және кеуектің өлшеміне байланысты әртүрлі мөлшердегі молекулаларға қол жетімді немесе қол жетімді болмауы мүмкін (n пішінді сақиналар кеуектер деп аталады).

Бір бағытта шексіз кеңейетін және өлшемі енетін молекулаларының бүкіл ұзындығы бойынша диффузиясын қамтамасыз ететін кеуектер арналар деп аталады. Арналар тек бір бағытта орналасқан кеуек жүйелері бар цеолиттер немесе әртүрлі бағыттардағы қиылыспайтын арналар деп аталады. Әр түрлі бағыттағы арналар қиылысқан кезде олар екі бағытты немесе үш бағытты арналар жүйесін құра алады. Бұл топтардың ішінде әр түрлі кеуек өлшемдері мен пішіндері бар көптеген құрылымдар бар. Егер цеолитте кеуектердің бір түрі көбірек болса, ол ең үлкен кеуектердің болуына қарай жіктеледі [6, 18, 19].

Цеолиттердің адсорбциялық қасиеттері

Әдетте, цеолиттердің адсорбциялық қасиеттері кіріс қуыстарының тиімді диаметрімен және су молекулалары алып жатқан кристалішілік көлеммен анықталады. Осылайша, кіріс қуыстарының тиімді диаметрлерінің айырмашылығы негізінде кең кеуекті, ортаңғы кеуекті және тар кеуекті цеолиттерді ажыратуға болады. 3 кестеде кіріс қуыстарының өлшемдері бойынша цеолиттердің жіктелуі келтірілген [15, 20].

Кесте 3 – Кеуектердің (қуыс) өлшемдері бойынша цеолиттердің жіктелуі

Атауы	Қуыстардың тиімді диаметрі, А	Түрлері
Кең кеуекті	>5	Фожазит, оффретит
Орташа кеуекті	4,3-3,5	Шабазит, эрионит, морденит, клиноптилолит
Тар кеуекті	2,6	Анальцим, филлипсит, ломонтит, натролит, томсонит, стильбит

Кіріс қуыстарының тиімді диаметріндегі айырмашылықтар газдар мен сұйықтықтарды адсорбциялау және қоспаларды молекулалық-електен бөлу үшін маңызды практикалық мәнге ие.

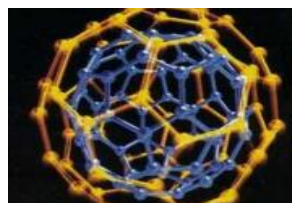
Дегидратацияланған цеолитпен адсорбцияланатын басқа молекулалар сияқты цеолит суының мөлшері бос кристалішілік кеңістіктің көлемімен анықталады. Осылайша, олардың бос көлемі бойынша цеолиттер борпылдақ және тығыз болып бөлінеді. 4 кестеде кристалл ішіндегі кеңістіктің бос көлеміне қарай цеолиттердің жіктелуі келтірілген [15].

Кесте 4 – Кристалішілік кеңістіктің бос көлемі бойынша цеолиттердің жіктелуі

Атауы	Кристалл ішіндегі кеңістіктің көлем, %	Түрлері
Бос	>40	Полингит, фожазит, шабазит, гмелинит
Орташа	40-30	Гейландит, клиноптилолит, эрионит, ломонтит
Тығыз	<30	Анальцим, натролит

Әсіресе борпылдақ цеолиттер кең кеуекті болып келеді, ал тығыз цеолиттерде әдетте алюминийдің көп мөлшері болады, бұл кристалл ішіндегі кеңістіктің катиондармен жоғары шоғырлануын анықтайды. Кіріс қуыстарының өлшемімен бірге бос кристалл ішіндегі кеңістіктің шамасы цеолиттердің адсорбциялық қасиеттерінің маңызды сипаттамасы болып табылады [12].

Табиғи цеолиттердің кристалдары кеуек немесе қуысты болып келеді, ішкі беткейлері жақсы дамыған (Сурет 3). Цеолиттерде қуыстардың жиынтық көлемі кристалл көлемінің 60 пайызын құрауы мүмкін.



Сурет 3 – Цеолиттердің ішкі құрылымы

Цеолиттердің адсорбациялық қабілеті қуыстардың жиынтық көлеміне байланысты болады. Цеолиттердің қуысты құрылысы оларға молекулаларды іріктеп жинауға мүмкіндік береді, яғни жоғарыда айтылғандай «молекулалық елек» қызметін атқарады. Арналардың өлшемдері оларға органикалық молекулалар мен катиондардың енуі үшін қолайлы болып табылады [21-24].

Цеолиттердің әртүрлі химиялық құрамы материалдардың физика-химиялық қасиеттерін белгілі бір бағытта өзгертуге мүмкіндік береді. Осылайша, цеолиттің ерекше орналасқан құрылымдық қаңқасы (каркас) мен белсенді химиялық орталықтары бағытталған химиялық реакцияларды жүргізу үшін матрица қызметін атқара алады [25].

Цеолиттерді модификациялау

Мәселен бағытталған модификация цеолитқұрамды минералдың қасиеттерін интенсификациялау технологиясының перспективалық саласы болып табылады.

Цеолиттерді белсендіру және модификациялау әртүрлі физикалық немесе химиялық әдістермен жүргізіледі. Физикалық әдістерге термиялық өңдеу, вакуумдық және температуралық жағдайда (вакуум кептіргіштер), жоғары қысым мен температурада (гидротермиялық өңдеу) үлгілерді өңдеу және ультрадыбыстық тербелістер мен жоғары жиілікті тоқтың, микротолқынды сәулеленудің және мерзімді күшті соққы толқындардың үлгілерге әсер етуі жатады [26-30].

Химиялық әдістер минералдарды химиялық реагенттермен модификациялаудан (өзгертуден) тұрады. Бұл жағдайда минералды қышқылдар мен органикалық заттардың ерітінділерімен жүргізілетін «қатты» және «жұмсақ» химиялық модификация туралы шартты түрде айтуға болады [31, 32].

«Қатты» модификация алюмосиликатты күшті бейорганикалық қышқылдардың ерітінділерімен өңдеу арқылы жүргізіледі. Цеолит қышқылмен байланысқан кезде цеолиттің алмастырылатын катиондары жойылады және бос орындарды сутегі иондары алады, нәтижесінде каналдан шығатын терезелердің өлшемдері мен арналардың пішіні өзгереді. Бұл микрокеуектердің тиімді мөлшерінің ұлғаюына және цеолиттің алмасу қабілетінің артуына әкеледі, ал «жұмсақ» модификация процестеріне минералды бейорганикалық және органикалық катиондар, кремнийорганикалық қосылыстар, азот, фосфор бар қосылыстар және басқа заттармен модификациялау кіреді [33-35]. Автордың [36] ғылыми жұмысында Шанқанай кен орны цеолитін тұз қышқылы және хитозанмен модификациялау арқылы сорбенттер алынған, сонымен қатар сорбенттердің сорбциялық қасиеттеріне қыздыру температурасының әсері зерттелген. Модификацияланған цеолиттердің физика-химиялық талдауы нәтижесінде цеолит бетіндегі бос орындар мен каналдар көлемінің ұлғаюы байқалған, ал хитозанмен модификациялағанда табиғи цеолит бетімен тігілетінін көрсетілді. Атап айтсақ Шанқанай кен орны цеолитін тұз қышқылымен модификациялау процесінде сорбциялық процестерде бос және белсенді орталықтардың түзілуіне ықпал ететін қуыстар мен каналдар мөлшері ұлғаятыны анықталды, зерттеу нәтижесінде қышқылмен өңделген цеолиттің сіңіру қабілеті жоғарылады.

Хитозанды модификациялау процесінде табиғи цеолиттің беті хитозанмен байланысу әрекетіне (тігіледі) ие болғаны көрсетілді. Яғни хитозанмен модификацияланған цеолиттің кеуектілігі өзгереді және оның сорбциялық сипаттамасы табиғи цеолитпен салыстырғанда жақсарады.

Қышқыл ерітінділерімен өңдеу цеолиттерді өзгертуге және олардың қасиеттерін мақсатты түрде бағыттауға мүмкіндік береді [37]. Қышқылмен өңдеудің себебі, оның салдары және оның жүргізілу тәртібі келесі мәліметтерде келтірілген: Барлық цеолиттік құрылымдағы арналар мен қуыстарда орналасқан ауыстырылатын катиондар кейде канал жүйесін блоктайды. Цеолиттердің микрокеуектерінде айтарлықтай орын алатын катиондарды қышқылмен өңдеу арқылы жоюға болады. Катиондардан басқа, қаңқалық алюминийді қышқылмен жоюға болады және мұндай деалюминация цеолит минералының құрылымының бұзылуына әкеп соғуы мүмкін. Цеолит торынан алюминийді алу гидроксил ұяшығының пайда болуына жағдай жасайды. Сондықтан қышқылмен өңдеудің артықшылығы қоспаларды кетіру және осылайша жаңа кеуектер мен белсенді орындардың пайда болуы, ал жоғары қышқыл концентрациясынан туындайтын кемшілігі цеолиттік қаңқаның ішінара немесе толық бұзылуын тудыруы мүмкін [38].

Табиғи цеолиттерді минералды қышқылдармен өңдеу – олардың бетін белсендірудің маңызды әдістерінің бірі болып табылады [37]. Бұл саладағы зерттеулер қышқылды

белсендіру процесінің химиясы мен механизмін ғана емес, сонымен қатар минералдардың физика-химиялық және сорбциялық қасиеттерінің өзгеру себептерін де анықтауға ғылыми қызығушылық тудырады [39].

Табиғи ғана емес, сонымен қатар синтетикалық цеолиттердің қасиеттерін өзгертудің жиі қолданылатын әдістеріне мыналар жатады: ион алмасу, беттің функционалдануы, күйдіру (қыздыру) және бумен өңдеу және т.б. [40-42].

Мәселен, алюмосиликат минералдарының иондық алмасуы олардың қышқылдық-негіздік, тотығу-тотықсыздану және текстуралық қасиеттерін өзгертуге мүмкіндік береді (кеуектердің мөлшері және адсорбаттармен өзара әрекеттесуі). Бұл әдетте алмастырылатын катиондық қосылыстардың жоғары концентрациясы бар сулы ерітіндіде жүзеге асырылады. Тепе-теңдік күйіне жеткеннен кейін цеолит сүзіледі, жуылады және кептіріледі және одан әрі алмасуға немесе модификацияға ұшырауы мүмкін. Жалпы жағдай металдар немесе аммоний сияқты шағын катиондардың алмасуы болып табылады [43].

Цеолит беттерінің қызметі цеолит материалдарына жаңа химиялық және / немесе физикалық қасиеттер беруге мүмкіндік береді. Цеолит материалдарына өтпелі және асыл металдарды қолдану арқылы функционалданудың әрекетімен катализаторларды дайындау кеңінен қолданылады, өйткені ол беткі ауданы үлкен және жоғары химиялық белсенділігі бар катализаторларды алуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда металл бөлшектерінің реактивтілігі (ішінара) соңғы материалға беріледі [6]. Адсорбенттерге келетін болсақ, Ag және Cu субстраттарда, әсіресе олефиндерді, сутекті және көміртектің моно оксидін адсорбциялау үшін жиі қолданылады [43].

Субстраттардағы металл цеолит материалдары көбінесе сіңдіру немесе ион алмасу арқылы, ал соңғы уақытта газ фазасынан химиялық тұндыру арқылы алынады.

Функционалданудың тағы бір түрі металл емес функционалды топтарды цеолит бетіне егуді қамтиды, мысалы оларға бейорганикалық қышқылдар, аминдер және силандар жатады.

Цеолиттердің қолданылу салалары

Цеолиттер спецификалық қасиеттері мен құрылымдық ерекшеліктеріне ие минералдар ретінде ұзақ уақыт бойы зерттеушілердің назарын аударды. Қазіргі таңда табиғи цеолиттерге сұраныс металл емес пайдалы қазбалар арасында жетекші орын алады.

Цеолиттер суды тазарту үшін ион алмастырғыш ретінде, катализаторлар, жуғыш заттар, ядролық қалдықтарды ұстау, құрылыс материалдары, газды бөлу және тазарту және басқа да салаларда кеңінен қолданылады [44].

Цеолиттердің кристалдылығы оларға механикалық және химиялық тұрақтылықты, кеуектердің, арналардың, қуыстардың бірдей және бақыланатын мөлшерін қамтамасыз етеді, сондықтан олар молекулалық сүзгілер, адсорбенттер, жуғыш заттар ретінде қолданылады [43-48].

Алайда қазіргі уақытта цеолиттер катализатор ретінде кеңінен қолданылады [36-38], әсіресе олардың гетерогенді катализде қолданылуы келесі қасиеттерге байланысты перспективті болып саналады: цеолиттердің кеуек мөлшері әдетте 2 нм-ден төмен, нәтижесінде олар белгілі бір молекулаларға қатысты жақсы стерикалық селективтілік көрсетеді; цеолиттердің ион алмастырғыш қасиеттері бар, бұл цеолит құрамына каталитикалық қасиет көрсететін металл катиондарын енгізуге мүмкіндік береді; H⁺ үшін катиондық орталықтардың ион алмасуы арқылы әлсіз/күшті қышқылдық орталықтардың санын реттеуге болады; цеолиттердің құрамында тек өлшемдері ғана емес, сонымен бірге өзара бағдары да әртүрлі кеуектер болады.

Қуыстардың наноөлшемдері, белсенді орталықтардың реттелген орналасу мүмкіндігі, молекулалардың химиялық топтарына әсер етудің селективтілігі мен бағыттылығы цеолиттерді нанотехнологияның құралы ғана емес, олардың объектісі де етеді [49-54].

Цеолиттер сонымен қатар порцеланитті цементін алу үшін қолданылады, газдар мен сұйықтықтарды кептіруге қызмет етеді және жоғары сапалы адсорбенттерді қолдануды қажет ететін бірқатар басқа салаларда қолданылады [55-58]. Көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындардың шығарындыларында клиноптилолитпен керемет ұсталатын күкіртті және басқа қышқыл газдар бар. Цеолиттер ауыз суы мен өнеркәсіптік ағынды суларды бірқатар улы заттардан: сынап, кадмий, қорғасын, радиоактивті элементтерден тазартуда өте маңызды рөл атқарады [59-62].

Минералды цеолиттер медициналық мақсатта да қолданылуы мүмкін. Тұздарды, металдарды, күкіртті цеолит өзіне нәзік сіңіру және тарту қабілетімен медициналық мақсатта кеңінен қолданылады [63]. Қысқа мерзімді әсері бар шағын дозаларда цеолит жалпы денеге жағымды әсер етеді, бірақ көп мөлшермен ұзақ байланыста ол жасуша құрылымын өзгерте бастайды да мутациялар мен қоздырғыштарды тудырады.

Заманауи технология жанданған дәуірде өндіріс орындарының даму кезеңінде жоғарыда аталған табиғи минерал цеолиттің атқарар қызметі ерекше көзге түседі, қоршаған ортаны қорғау мақсатында яғни суды және топырақты мұнай өнімдерінен тазартудың цеолиттік технологиясы Қазақстанда келесі нысандағы зауыттарда қолданылады: Қызылорда облысында орналасқан «Petro Kazakhstan Kumkol Resours» акционерлік қоғамы, «Жылыоймұнайгаз» мұнайгаз өндіру басқармасының «Терең-Өзек» кен орны, «Доссормұнайгаз» мұнайгаз өндіру басқармасының Қарсақ кен орны, «ҚазМұнайГаз» БӨ» акционерлік қоғамының Атырау облысындағы «Ембімұнайгаз» өндірістік зауыты; Маңғыстау облысындағы «Өзенмұнайгаз» акционерлік қоғамы, «ҚазМұнайГаз БӨ» акционерлік қоғамы [64].

Жоғарыда атап өтілген ерекше қасиеттерінің арқасында табиғи цеолиттердің қолдану аясы кең [65-82]. Мысалы: автор [65] 3А, 4А және ZSM-5 цеолитінің полиуретан (PU) және цеолит (MMMS) аралас матрицалық мембраналардың газ бөлу тиімділігіне әсерін және 6,12,18 және 24 мас.% цеолиті бар PU–цеолит MMM арқылы таза CO₂, CH₄, N₂ және O₂ газдарының енуін зерттеген. Ал авторлар [66,67] цеолиттердің өзектілігін және олардың қолданылуын, сонымен қатар адсорбциялық технологияның дамуын және цеолит химиясы мен катализіндегі соңғы жетістіктерді қарастырған. Автор [68] синтетикалық олефиндер сияқты көлемді мұнайхимия құрылыс блоктарын қолдана отырып, болашақта шикі мұнай ресурстары пайдаланылмайтын кезде интеграцияланған мұнайхимия кешендері жұмысын жалғастыра алатынын ашып келтірген. Сонымен қатар мақалада [69] цеолиттердің өсімдіктерді қорғау агенттері ретінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылған, яғни каолин типті цеолиттерді зиянкестер мен аурулардан қорғау үшін қабыршақ (пленка) ретінде пайдалануға болатындығы айтылған.

Сілтемелердегі авторлардың мақалаларын қарастыра келе байқағанымыз, цеолиттің ерекше қасиеттерін зерттеу қазіргі таңда жаңа жаңалықтардың жарыққа шығуына түрткі болып отыр. Ұсынылатын мақаланың мақсатын ашуға бағыт беретін авторлардың [102] өнертабысында Шанқанай кен орны цеолитін брекерлі резина қоспасында қолданылғаны көрсетілген. Аталған минералдың шина өнеркәсібі саласында қолданылу мүмкіндігі зерттелген.

Өнертабыстың техникалық нәтижесі – шинаның ұзақ мерзімге шыдамдылығын сипаттайды, яғни зерттеу барысында резинаның беріктігі, әсіресе резинаның металлқордқа адгезиясы, үзу кезіндегі беріктігі жоғарылайтыны анықталған. Бұл ерекше қасиетке ие цеолиттің химиялық құрамында көп мөлшерде SiO₂ – 72% және минералдың клиноптилолит түрінің болуы [102], брекерлі резина қоспасымен өзара химиялық байланыс түзіп жоғары нәтижелі көрсеткіштерді көрсетіп отыр. Осы өнертабыстағы оң көрсеткіштерді негізге ала отырып алдыңғы уақытта жаңа цеолитқұрамды адгезия промоторларын алу мақсатындағы ғылыми жұмысымызды жалғастыратын боламыз.

Қорытынды

Материалдық және химиялық құрамының, текстуралық және құрылымдық сипаттамаларының физика-механикалық және адсорбциялық қасиеттерінің әртүрлілігіне байланысты цеолиттер көп мақсатта қолданылатын шикізат ретінде қарастырылуы мүмкін. Ал кез-келген минералды шикізатты өнеркәсіптің әртүрлі салаларында табысты пайдалану үшін олардың текстуралық және құрылымдық сипаттамаларын тереңінен зерттеу, сонымен қатар заманауи технологиялық әдістер мен тәсілдерді қолдана отырып, пайдалы қасиеттерін арттырудың жаңа жолдарын іздеу қажет.

Жоғарыдағы әдебиеттік, ғылыми ізденістерді негізге ала отырып, біздің әрі қарай жалғастыратын зерттеу жұмысымыздың мақсаты резинаның металлқордқа адгезиясын арттыратын аралас промоторлық жүйені алу үшін Шанқанай кен орнының табиғи цеолитінің құрылымы мен беткі қасиеттерін тереңінен жете зерттеу болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Дик Д.С. Технология резины: Рецептуростроение и испытания. Научные основы и технологии / Д.С. Дик. – СПб, 2010. – 620 с. <https://lib.sk/book/16384671/c41d5d>.
2. Исследование свойств резино-металлокордных композитов в присутствии новых промоторов адгезии / О.В. Карманова и др. // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т.82, №3. – С. 221-226. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-221-226>.
3. Модифицированный кремнекислотный наполнитель как промотор адгезии резины к металлокорду / О.А. Кротова и др. // Клеи. Герметики. Наука и технологии. – 2017. – № 6. – С. 31-36. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/21734>.
4. Wypych G. Handbook Adhesion of Promoters / G. Wypych // ChemTec Publishing. – 2023. – 321 с. <https://www.sciencedirect.com/book/9781774670187/handbook-of-adhesion-promoters>.
5. Bhatia S.C. Rubber Technology: Two Volume Set / S.C. Bhatia // Woodhead Publishing India, 2019. – 688 p. https://books.google.kz/books/about/Rubber_Technology.html?id=D2moDwAAQBAJ&redir_esc=y
6. Pérez-Botella E. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future / E. Pérez-Botella, S. Valencia, F. Rey // Chem. Rev. – 2022. – № 122. – P. 17647–17695. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.2c00140>.
7. Flanigen E.M. Chapter 2 Zeolites and Molecular Sieves an Historical Perspective / M.F. Edith // Studies in Surface Science and Catalysis. – 2001. – V. 137. – P. 11-35. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167299101802433>.
8. Loewenstein W. The Distribution of Aluminum in the Tetrahedra of Silicates and Aluminates / W. Loewenstein // Am. Mineral. – 1954. – V. 39, № 1-2. – P. 92-96. <https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article-abstract/39/1-2/92/539331>.
9. Васильянова Л.С. Бентониты в экологии / Л.С. Васильянова // Новости науки РК. – 2016. – № 3. – С. 70-101. <https://nv.nauka.kz/en/ximiya/bentonity-v-ekologii.php>.
10. Зонхоева Э.Л. Природные цеолиты Забайкалья: свойства и применение / отв. ред. А. М. Плюснин. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦСО РАН, 2018. – 192 с. <https://www.geokniga.org/books/28346>.
11. Обзор рынка природных цеолитов в СНГ. ООО «ИНФОМАЙН». – М.: Изд-е 2-е. – 2010. – 156 с. https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/838/rynok_ceolita.pdf.
12. Колупаев В.А. Легенда о цеолите / В.А. Колупаев // Столыпинский вестник. Науки о Земле и смежные экологические науки. – 2022. – № 4. – С. 2241-2245. <https://cyberleninka.ru/article/n/legenda-o-tseolite/viewer>.
13. Компания «Таза Су» – Электронный ресурс: <http://www.taza-su.kz/> Дата обращения к сайту: 20.04.2021.
14. Magdalena Król. Natural vs. Synthetic Zeolites / Magdalena Król // Crystals. – 2020. – № 10 (7). – P. 622. <https://doi.org/10.3390/cryst10070622>.
15. Рабо Дж. Химия цеолитов и катализ на цеолитах / Дж. Рабо. – 1 т. – М.: Мир, 1980. – 506 с. <https://vdoc.pub/documents/1-4u5g5i4ne2g0>.
16. Baerlocher Ch. Atlas of zeolite framework types / Ch. Baerlocher, W.M. Meier, D.H. Olson // Amsterdam – London – New York – Oxford – Paris – Shannon – Tokyo. – 2001. https://www.iza-structure.org/books/Atlas_5ed.pdf.
17. Yi Li. Applications of Zeolites in Sustainable Chemistry / Yi Li, Lin Li, Jihong Yu. // Chem. – 2017. – V. 3, Issue 6, P. 928-949. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2017.10.009>.
18. Колесникова Л.Г. Ионный перенос в клиноптилолите: монография / Л.Г. Колесникова, С.В. Ланкин, В.В. Юрков – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2007. – 113 с. https://www.geokniga.org/book_files/geokniga-ionnyu-perenos-v-klinoptilolite.pdf.
19. Kordala N. Zeolite Properties, Methods of Synthesis, and Selected Applications / N. Kordala, M. Wyszowski. // Molecules. – 2024. – № 29(5). – P. 1069. <https://doi.org/10.3390/molecules29051069>.
20. Algieri C. Zeolite membranes: Synthesis and applications / C. Algieri, E. Drioli // Separation and Purification Technology. – 2021. – V. 278. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119295>.
21. Комиссаренков А.А. Сорбционные технологии определение свойств сорбентов: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы / А.А. Комиссаренков, О.В. Федорова. – СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 44 с.

22. Interchain-expanded extra-large-pore zeolites / Zihao Rei Gao et al // Nature. – 2024. – V. 628/ – P. 99-103. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07194-6>.
23. Компания «Xinyang Shangtianti Xinzheng Cheng Mining Co., Ltd.» – Электронный ресурс: <http://kk.zeoliteperlite.com/>.
24. Камбарова Э.А. Адсорбция тяжелых металлов на модифицированной эпоксидной смолой поверхности шунгита и цеолита: Дис.: PhD: 6D060600 / Камбарова Эльмира Абдувалиевна. – Алматы, 2024. – 150 с. <https://i.twirpx.link/file/4179754/>.
25. Cataldo E. Application of Zeolites in Agriculture and Other potential Ures: A review / E. Cataldo, L. Salvi, G. Mattii // Agronomy-Basel. – 2021. – V. 11(8). – P. 1547. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081547>.
26. Серых А.И. Формирование, природа и физико-химические свойства катионных центров в каталитических системах на основе высококремнеземных цеолитов: Дис. докт. хим. наук: 02.00.04: защищена 24.06.2014: утв. 06.08.2014 / Серых Александр Иванович. – М., 2014. – 347 с.
27. Ахалбедашвили Л.Г. Каталитические и ионообменные свойства модифицированных цеолитов и сверхпроводящих купратов: дис. докт. хим. наук: 02.00.04: защищена 2006 / Ахалбедашвили Лали Георгиевна. – Тбилиси, ТГУ, 2006. – 194 с.
28. Гордина Н.Е. Низкомодульные цеолиты: Структура, свойства, синтез / Н.Е. Гордина, В.Ю. Прокофьев. – М., Издательство: Красанд, 2018. – 234 с.
29. Горшунова К.К. Катионообменные формы оффретита. Синтез и свойства: дис. канд. хим. наук: 02.00.15: защищена 10.06.2015 / Горшунова Ксения Константиновна. – Уфа, ИНК РАН, 2015. – 109 с.
30. Ланкин С.В. Физические методы исследования адсорбции ПАУ пористыми материалами: Монография / С.В. Ланкин, В.А. Евдокимова, Л.П. Карацуба. – Благовещенск: БГПУ, 2013. – 148 с.
31. Механоактивационное воздействие на морфологию, кислотно-основные и сорбционные свойства клиноптилолитсодержащих пород / О.Н. Дабижа и др. // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2017. – № 41 (67). – С. 54-58.
32. Механохимическая модификация реакционной способности природных цеолитов / О.Н. Дабижа и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2016.– Т. 24, № 2. – С. 193-201. <https://doi.org/10.15372/KhUR20160211>.
33. Размахнин К.К. Современные технологии переработки и модификации цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья: монография / К.К. Размахнин, А.Н. Хатькова; Забайкал. гос. ун-т. – Чита: ЗабГУ, 2014. – 310 с.
34. Ергожин Е.Е. Успехи в области модифицирования Казахстанских цеолитов / Е.Е. Ергожин, А.М. Акимбаева // Вестник КНУ. – 2004. – Сер. 3, Вып. 1. – С. 51-57.
35. Александрова В.С., Зыкова О.П., Марков Э.Я. и др. Журн. прикл. химии. – 2004. – № 1. – С. 32.
36. Шанқанай цеолитінің сорбциялық қасиеттеріне модифи-каторлар табиғатының әсері / Р.Ә. Қайыңбаева және т.б. // Химический журнал Казахстана. – 2021. – V.3, № 75. – С.36-46. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.37>.
37. Васильева С.Ю. Равновесная сорбция α -токоферола на модифицированном клиноптилолите: Дис.канд.хим. наук: 02.00.04: защищена 27.03.2015 / Васильева Светлана Юрьевна. – Воронеж, 2014. – 137 с.
38. Шанқанай кен орнының модификацияланған цеолитінің сорбциялық сипаттамаларын зерттеу / Н.О. Джакипбекова и др. // «Әуезов оқулары-22: академик Қаныш Сәтбаев - Қазақстан ғылымының негізін қалаушы» академик Қаныш Сәтбаевтың 125 жылдығына арналған халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының еңбектері. – Шымкент: М. Әуезов атындағы ОҚУ, 2024. – 6 Т. – Б. 99-103.
39. Acid treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Scientific Collection «InterConf», (138): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Science: Development and Factors its Influence» (December 26- 28, 2022; Amsterdam, Netherlands), InterConf. – 2022. – № 138. – P. 363-370. <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2096/2125>.
40. Dehydration and structural transformations during thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Scientific Collection «InterConf», (136): with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference

- «Scientific Paradigm in the Context of Technologies and Society Development» (December 16-18, 2022; Geneva, Switzerland), InterConf. – 2022. – № 136. – P. 356-364, <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1952/1981>.
41. Thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (January 19-20, 2023), Seattle, USA, InterConf. – 2023. – № 139. – P. 242-260. <https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/article/view/2139/2168>.
42. Термическая стабильность природных смесей гейландит-шабазит / В. Цицишвили и др. // XV Международная конференция по переработке и переработке полезных ископаемых 17-19 мая 2023 г., Белград, Сербия. – С. 321-326.
43. Delkash M. Using zeolitic adsorbents to cleanup special wastewater streams: A review / M. Delkash, B. Ebrazi Bakhshayesh, H. Kazemian // Microporous and Mesoporous Materials. – 2015. – V. 214. – P. 224-241. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.04.039> Get rights and content.
44. Juliana de Carvalho Izidoro. Zeolites synthesized from agro-industrial residues applied in agriculture: A review and future prospects / Juliana de Carvalho Izidoro, Denise Alves Fungaro, Eleonora Cataldo // Soil Use and Management. – 2024. – V. 40, Issue 1. <https://doi.org/10.1111/sum.13003>, <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.13003>.
45. Махаматжанов М.И. Утилизация цеолитовых отходов для использования на адсорбционной очистке природных газов / М.И. Махаматжанов, З.Х. Алимова, К.Э. Магадиев // Научный Импульс. – 2022. – V.1, № 4. – С. 839-226.
46. Koohsaryan E. Application of zeolites as non-phosphate detergent builders: A review / E. Koohsaryan, M. Anbia, M. Maghsoodlu. // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2020. – V.8, Issue 5. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104287>.
47. Facile Hydrothermal Synthesis of Hierarchical Sodium P Zeolite as a Nonphosphate Detergent Builder / E. Koohsaryan et al // Journal of Surfactants and Detergents. – 2021. – V. 24, Issue 1. <https://doi.org/10.1002/jsde.12452>.
48. Integrated synthesis of zeolites 4A and Na–P1 using coal fly ash for application in the formulation of detergents and swine wastewater treatment / A.M. Cardoso et al // Journal of Hazardous Materials. – 2015. – V. 287. – P. 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.01.042>.
49. Weitkamp J. Zeolites and catalysis / J. Weitkamp // Solid State Ionics. – 2000. – V. 131, Issues 1-2. – P.175-188. [https://doi.org/10.1016/S0167-2738\(00\)00632-9](https://doi.org/10.1016/S0167-2738(00)00632-9).
50. Primo A. Zeolites as catalysts in oil refining / A. Primo, H. Garcia // Chemical Society Reviews. – 2014. – Issue 22. <https://doi.org/10.1039/C3CS60394F>.
51. Rafiani A. Zeolite-encapsulated catalyst for the biomass conversion: Recent and upcoming advancements / A. Rafiani, D. Aulia, G.T.M. Kadja // Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. – 2024. – V.9. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100717>.
52. Zeolite-based catalysts for exergy efficiency enhancement: The insights gained from nanotechnology / M. Servatan et al // Materials Today: Proceedings. – 2018. – V. 5, Issue 7 // <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.05.086>.
53. Nanosized ZSM-5 zeolites: Seed-induced synthesis and the relation between the physicochemical properties and the catalytic performance in the alkylation of naphthalene / Guang Wu et al // Microporous and Mesoporous Materials. – 2013. – V. 180. – P. 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.11.011>.
54. Sustained release of doxorubicin from zeolite–magnetite nanocomposites prepared by mechanical activation / M. Arruebo et al // Nanotechnology. – 2006. – V. 17, Number 16. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/16/011>, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-4484/17/16/011/meta>.
55. Nanotechnology Based Solutions for Wastewater Treatment / A. Baruah et al // Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment. – 2019. – P. 337-368. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813902-8.00017-4>.
56. de Magalhães L.F. Zeolite Application in Wastewater Treatment / L.F. de Magalhães, G.R. da Silva, A.E. Clark Peres // Sage Journals. – 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4544104>.
57. Natural Zeolites in Water Treatment – How Effective is Their Use / K. Margeta et al // Water Treatment. – 2013. <https://doi.org/10.5772/50738>, <https://www.intechopen.com/chapters/41947>.

58. Разработка новых методов очистки воды от растворимых примесей тяжелых металлов / А.П. Ильин и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317, № 3. – С. 40-44.
59. Хатькова А.Н. Модификация свойств цеолитов с целью расширения областей их применения / А.Н. Хатькова, К.К. Размахнин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 4. – С. 246-251.
60. Модифицирующие природные цеолиты для улучшения адсорбции тяжелых металлов / Э. Кулдеев и др. // Вода. – 2023. – № 15(12). – С. 2215.
61. Тунакова Ю.А. Использование природного цеолита для очистки вод / Ю.А. Тунакова, В.С. Валиев, Г.Н. Габдрахманова // Ползуновский Вестник. – 2024. – № 1 – С.179-185. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.021>.
62. Влияние термической обработки на сорбционные характеристики цеолита применяемого в процессе очистки воды / М.А. Сейтжанова и др. // Горение и плазмохимия. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179).
63. PMA-Zeolite: Chemistry and Diverse Medical Applications / A. Bulog et al // Functional Biomaterials. – 2024. – № 15(10). – P. 296. <https://doi.org/10.3390/jfb15100296>.
64. ООО «Цеолит-Трейд». Добыча и поставки – Электронный ресурс: <http://www.zeolite.spb.ru/> Дата обращения к сайту: 20.04.2021.
65. Afarani H.T. The Gas Separation Performance of Polyurethane – Zeolite Mixed Matrix Membranes / H.T. Afarani, M. Sadeghi, Ah. Moheb // Advances in Polymer Technology. – 2016. – V. 37, Issue 2. <https://doi.org/10.1002/adv.21672>.
66. Weckhuysen B.M. Recent advances in zeolite chemistry and catalysis / B.M. Weckhuysen, J. Yu // Royal Society of Chemistry. – 2015. <https://doi.org/10.1039/C5CS90100F>, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/cs/c5cs90100f>.
67. Pérez-Botella E. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future Prospects / E. Pérez-Botella, S. Valencia, F. Rey // Chemical Reviews. – 2022. – V.122, Issue 24. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00140>.
68. Jingxiu Xie. Zeolite facilitates selective olefins production / Jingxiu Xie // Nature Nanotechnology. – 2022. – V.17. – P. 678–679. <https://www.nature.com/articles/s41565-022-01164-7>.
69. De Smedt C. Potential and actual uses of zeolites in crop protection / C. De Smedt, E. Someus, P. Spanoghe // Pest Management Science. – 2015. – V. 71, Issue10. – P. 1355-1367. <https://doi.org/10.1002/ps.3999>.
70. Использование модифицированного цеолита, обогащённого аминокислотами фирмы INAGROSA в качестве кормовой добавки для молочных коров / С.В. Дежаткина и др. Практические рекомендации. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2019. – 47 с.
71. de Jesús Ruíz-Baltazar Á. Advancements in nanoparticle-modified zeolites for sustainable water treatment: An interdisciplinary review / Á. de Jesús Ruíz-Baltazar // Science of The Total Environment. – 2024. – V. 946. – P. 174373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174373>.
72. Study on the Reaction Parameters on Transesterification of Rubber Seed Oil Using MgO/zeolite-A Catalyst / K.D. Pandiangan et al // Trends in Sciences. – 2023. – V. 20, № 8. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.6480>.
73. Ramesh K. Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture / K. Ramesh, D.D. Reddy, Ch. Four // Advances in Agronomy. – 2011. – V. 113. – P. 219-241. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4.00004-X>.
74. Potential and challenges of zeolite chemistry in the catalytic conversion of biomass / Th. Ennaert et al // Chem. Soc. Rev. – 2016. <https://doi.org/10.1039/c5cs00859j>. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/cs/c5cs00859j>.
75. Tailoring and Visualizing Macropores of the Zeolite Monolith to Reveal the Coke Resistance Performance for Bio-oil Hydrodeoxygenation / F. Gan et al // ACS Catalysis. – 2024. – № 14(17). – P. 13324-13333. <https://doi.org/10.1021/acscatal.4c02914>.
76. One-Pot Construction of Fe/ZSM-5 Zeolites for the Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides by Ammonia / E. Yuan et al // Catalysis Science & Technology. – 2017. – № 7(14). – P. 3036-3044. <https://doi.org/10.1039/C7CY00724H>.
77. Encapsulating Palladium Nanoparticles Inside Mesoporous MFI Zeolite Nanocrystals for Shape-Selective Catalysis / T.-L. Cui et al // Angew. Chem., Int. Ed. – 2016. – № 55(32). – P. 9178-9182. <https://doi.org/10.1002/anie.201602429>.

78. Acetylene Hydrogenation Using Palladium Zeolite Catalysts / W.L. Kranich et al // *Appl. Catal.* – 1985. – № 13(2). – P. 257-267. [https://doi.org/10.1016/S0166-9834\(00\)81144-6](https://doi.org/10.1016/S0166-9834(00)81144-6).
79. Regulation of the Si/Al Ratios and Al Distributions of Zeolites and Their Impact on Properties / J. Li et al // *Chemical Science.* – 2023. – № 14(8). – P. 1935-1959. <https://doi.org/10.1039/D2SC06010H>.
80. Bregante D.T. Periodic Trends in Olefin Epoxidation over Group IV and V Framework-Substituted Zeolite Catalysts: A Kinetic and Spectroscopic Study / D.T. Bregante, D.W. Flaherty // *J. Am. Chem. Soc.* – 2017. – № 139(20). – P. 6888-6898. <https://doi.org/10.1021/jacs.7b01422>.
81. XRD, XAS, and IR Characterization of Copper-Exchanged Y Zeolite / G.T. Palomino et al // *J. Phys. Chem.* – 2000. – № 104(36). – P. 8641-8651 <https://doi.org/10.1021/jp000584r>.
82. Natural zeolite utilisation in pollution control: A review of applications to metals' effluents / S. Kesraoui-Ouki et al // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology.* – 1994. – V.59, Issue 2. <https://doi.org/10.1002/jctb.280590202>.
83. Englert A.H. Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite / A.H. Englert, J. Rubio // *International Journal of Mineral Processing.* – 2004. – V.75, Issues 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2004.01.003>.
84. Effect of zeolite particle size on the performance of polymer-zeolite mixed matrix membranes / Birgül Ş. Et al // *Journal of Membrane Science.* – 2000. – V. 175, Issue 2. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)00423-3](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)00423-3).
85. Rad L.R. Zeolite-based composites for the adsorption of toxic matters from water: A review / L.R. Rad, M. Anbia // *Journal of Environmental Chemical Engineering.* – 2021. – V.9, Issue 5. – P. 106088. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106088>.
86. Catalytic effect of zeolite LTA on thermal degradation of polysulfone and kinetic analysis / Zh. Huang et al // *Advances in Polymer Technology.* – 2018. – V. 37, Issue 8. <https://doi.org/10.1002/adv.22156>, <https://onlinelibrary.Wiley.Com/doi/10.1002/adv.22156>.
87. Сагитова Г.Ф. Цеолитти қолдана отырып резина қоспаларына арналған құрама оқшаулаушы композицияларын әзірлеу: монография / Г.Ф. Сагитова // Шымкент:Издательский центр «Асем», 2021. – 160 с.
88. Zeolites for the environment / Q. Lang et al // *Green Carbon.* – 2024. – V. 2, Issue1. – P.12-32. <https://doi.org/10.1016/j.greenca.2024.02.007>.
89. Removal of ammonia nitrogen from rubber industry wastewater using zeolite as adsorbent / N. Nasir et al // *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences.* – 2019. – V. 15, № 6. – P. 862-866. https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=ZEOLITE+FOR+RUBBER+INDUSTRY&btnG=
90. Ammoniacal nitrogen, chemical oxygen demand, and color reduction in rubber processing industry effluent using zeolite / A. Detho et al // *Desalination and Water Treatment.* – 2022. – V. 270. – P. 185-193. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624110818>.
91. Hamzani. Determining the proper-ties of semi-flexible pavement using waste tire rubber powder and natural zeolite / Hamzani // *Construction and Building Materials.* – 2021. – V. 266. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121199>.
92. Pyrolysis of waste rubber tires with palladium doped zeolite / A. Hijazi et al // *Journal of Environmental Chemical Engineering.* – 2019. – V. 7, Issue 6. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103451>.
93. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // *Jornal of Polymers Research.* – 2020. – V. 27, № 37. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10965-020-2013-0>.
94. Experimental Study on the Effect of Waste Rubber Powder and Zeolite Replacement on Cemented Sandy Soil / A. Karimi et al // *AUT Journal of Civil Engineering.* – 2024. https://ajce.aut.ac.ir/article_5541.html.
95. Molecular sieving effect of the zeolite-filled silicone rubber membranes in gas permeation / M. Jia et al // *Journal of Membrane Science.* – 1991. – V. 57, Issues 2-3. – P. 289-292. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)80684-5](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)80684-5).
96. Application Characteristics of Zeolite-Based Stuffing for Nanofluidic Packer Rubber / Y. Zhang et al // *Energies.* – 2022. – № 15(21). – P. 7962. <https://doi.org/10.3390/en15217962>.

97. Application of Organic Amine Modified Natural Zeolite in Filling Natural Rubber / X. Chen et al // *Nanomaterials*. – 2022– № 12(16). – P. 2784. <https://doi.org/10.3390/nano12162784>.
98. Novel application of Zn-containing Zeolitic Imidazolate Frameworks in promoting the vulcanization and mechanical properties of natural rubber composites / X. Tian et al // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2023. – V. 140, Issue 33/ <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10974628/2023/140/33>.
99. Solvent-free synthesized zeolites as compatibility agents in FKM rubber / D.I. Petkowicz et al // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2023. – V. 140, Issue 39. <https://doi.org/10.1002/app.54461>.
100. Substitution of carbon black by zeolite nanofillers in the rubber compounds substitution of carbon black by zeolite nanofillers in the rubber compounds / D. Ondrušová et al // *University Review*. – 2012. – V. 6, № 2. https://ur.tnuni.sk/fileadmin/dokumenty/UR_V6_ISS2_63to66.pdf.
101. Controlled migration of oleic acid amide through adsorption on TS-1 zeolite for long-lasting anti-adhesive rubber composites / K. Li et al // *Materials Today Communications*. – 2024. – V. 41. – P. 110939. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.110939>.
102. Предв. патент 10205 КЗ, МПК С08L 9/02. Брекерная резиновая смесь / Ескараева Г.З., Сакибаева С.А., Хлебова С.В., Таутанов Х.Б. опубл. 15.04.2005, Бюлл. № 5. <https://kz.patents.su/patents/hlebova-svetlana-vasilevna>.

References

1. Дик Д.С. Технология резины: Retsepturostroenie i ispytaniya. Nauchnye osnovy i tekhnologii / D.S. Dik. – SPb, 2010. – 620 s. <https://lib.sk/book/16384671/c41d5d>. (In Russian).
2. Issledovanie svoystv rezino-metallokorndnykh kompozitov v prisutstvii novykh promotorov adgezii / O.V. Karmanova i dr. // *Vestnik VGUI*. – 2020. – T.82, №3. – S. 221-226. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-221-226>. (In Russian).
3. Modifitsirovannyi kremnekislotnyi napolnitel' kak promotor adgezii reziny k metallokordu / O.A. Krotova i dr. // *Klei. Germetiki. Nauka i tekhnologii*. – 2017. – № 6. – S. 31-36. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/21734>. (In Russian).
4. Wypych G. Handbook Adhesion of Promoters / G. Wypych // ChemTec Publishing. – 2023. – 321 s. <https://www.sciencedirect.com/book/9781774670187/handbook-of-adhesion-promoters>. (In English).
5. Bhatia S.C. Rubber Technology: Two Volume Set / S.C. Bhatia // Woodhead Publishing India, 2019. – 688 p. https://books.google.kz/books/about/Rubber_Technology.html?id=D2moDwAAQBAJ&redir_esc=y. (In English).
6. Pérez-Botella E. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future / E. Pérez-Botella, S. Valencia, F. Rey // *Chem. Rev.* – 2022. – № 122. – R. 17647–17695. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.2c00140>. (In English).
7. Flanigen E.M. Chapter 2 Zeolites and Molecular Sieves an Historical Perspective / M.F. Edith // *Studies in Surface Science and Catalysis*. – 2001. – V. 137. – R. 11-35. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167299101802433>. (In English).
8. Loewenstein W. The Distribution of Aluminum in the Tetrahedra of Silicates and Aluminates / W. Loewenstein // *Am. Mineral.* – 1954. – V. 39, № 1-2. – R. 92-96. <https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article-abstract/39/1-2/92/539331>. (In English).
9. Vasil'yanova L.S. Bentonity v ehkologii / L.S. Vasil'yanova // *Novosti nauki RK*. – 2016. – № 3. – S. 70-101. <https://nv.nauka.kz/en/ximiya/bentonity-v-ekologii.php>. (In Russian).
10. Zonkhoeva E.H.L. Prirodnye tseolity Zabaikal'ya: svoystva i primeneniye / otv. red. A. M. Plyusnin. -Ulan-Udeh: Izd-vo BNTSSO RAN, 2018. – 192 s. <https://www.geokniga.org/books/28346>. (In Russian).
11. Obzor rynka prirodnykh tseolitov v SNG. OOO «INFOMAIN». – M.: Izd-e 2-e. – 2010. – 156 s. https://www.marketing-services.ru/imgs/goods/838/rynok_ceolita.pdf. (In Russian).
12. Kolupaev V.A. Legenda o tseolite / V.A. Kolupaev // *Stolypinskii vestnik. Nauki o Zemle i smezhnye ehkologicheskie nauki*. – 2022. – № 4. – S. 2241-2245. <https://cyberleninka.ru/article/n/legenda-o-tseolite/viewer>. (In Russian).
13. Kompaniya «Taza SU» – Ehlektronnyi resurs: <http://www.taza-su.kz/> Data obrashcheniya k сайту: 20.04.2021. (In Russian).
14. Magdalena Król. Natural vs. Synthetic Zeolites / Magdalena Król // *Crystals*. – 2020. – № 10 (7). – R. 622. <https://doi.org/10.3390/cryst10070622>. (In English).

15. Rabo Dzh. Khimiya tseolitov i kataliz na tseolitakh / Dzh. Rabo. – 1 t. – M.: Mir, 1980. – 506 s. <https://vdoc.pub/documents/1-4u5g5i4ne2g0>. (In Russian).
16. Baerlocher Ch. Atlas of zeolite framework types / Ch. Baerlocher, W.M. Meier, D.H. Olson // Amsterdam – London – New York – Oxford – Paris – Shannon – Tokyo. – 2001. https://www.iza-structure.org/books/Atlas_5ed.pdf. (In English).
17. Yi Li. Applications of Zeolites in Sustainable Chemistry / Yi Li, Lin Li, Jihong Yu. // Chem. – 2017. – V. 3, Issue 6, R. 928-949. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2017.10.009>. (In English).
18. Kolesnikova L.G. Ionny perenos v klinoptilolite: monografiya / L.G. Kolesnikova, S.V. Lankin, V.V. Yurkov – Blagoveshchensk: Izd-vo BGPU, 2007. – 113 s. <https://www.geokniga.org/book/files/geokniga-ionnyy-perenos-v-klinoptilolite.pdf>. (In Russian).
19. Kordala N. Zeolite Properties, Methods of Synthesis, and Selected Applications / N. Kordala, M. Wyszowski. // Molecules. – 2024. – № 29(5). – R. 1069. <https://doi.org/10.3390/molecules29051069>. (In English).
20. Algieri C. Zeolite membranes: Synthesis and applications / C. Algieri, E. Drioli // Separation and Purification Technology. – 2021. – V. 278. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119295>. (In English).
21. Komissarenkov A.A. Sorbtionnye tekhnologii opredelenie svoistv sorbentov: uchebno-metodicheskoe posobie dlya vypolneniya kursovoi raboty / A.A. Komissarenkov, O.V. Fedorova. – SPBG TURP. – SPb., 2015. – 44 s. (In Russian).
22. Interchain-expanded extra-large-pore zeolites / Zihao Rei Gao et al // Nature. – 2024. – V. 628/ – P. 99-103. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07194-6>. (In English).
23. Kompaniya «Xinyang Shangtianti Xinzheng Cheng Mining Co., Ltd.» – Ehlektronnyi resurs: <http://kk.zeoliteperlite.com/>. (In Russian).
24. Kambarova E.H.A. Adsorbtsiya tyazhelykh metallov na modifitsirovannoi ehpoksidnoi smoloi poverkhnosti shungita i tseolita: Dis.: PhD: 6D060600 / Kambarova Ehl'mira Abduvalievna. – Almaty, 2024. – 150 s. <https://i.twirpx.link/file/4179754/>. (In Russian).
25. Cataldo E. Application of Zeolites in Agriculture and Other potential Ures: A review / E. Cataldo, L. Salvi, G. Mattii // Agronomy-Basel. – 2021. – V. 11(8). – R. 1547. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081547>. (In Russian).
26. Serykh A.I. Formirovanie, priroda i fiziko-khimicheskie svoistva kationnykh tsentrov v kataliticheskikh sistemakh na osnove vysokokremnezemnykh tseolitov: Dis. dokt. khim. nauk: 02.00.04: zashchishchena 24.06.2014: utv. 06.08.2014 / Serykh Aleksandr Ivanovich. – M., 2014. – 347 s. (In English).
27. Akhalbedashvili L.G. Kataliticheskie i ionoobmennye svoistva modifitsirovan-nykh tseolitov i sverkhprovodyashchikh kupratov: dis. dokt. khim. nauk: 02.00.04: zashchishchena 2006 / Akhalbedashvili Lali Georgievna. – Tbilisi, TGU, 2006. – 194 s. (In Russian).
28. Gordina N.E. Nizkomodul'nye tseolity: Struktura, svoistva, sintez / N.E. Gordina, V.YU. Prokof'ev. – M., Izdatel'stvo: Krasand, 2018. – 234 s. (In Russian).
29. Gorshunova K.K. Kationoobmennye formy offretita. Sintez i svoistva: dis. kand. khim. nauk: 02.00.15: zashchishchena 10.06.2015 / Gorshunova Kseniya Konstantinovna. – Ufa, INK RAN, 2015. – 109 s. (In Russian).
30. Lankin S.V. Fizicheskie metody issledovaniya adsorbtsii PAU poristymi materialami: Monografiya / S.V. Lankin, V.A. Evdokimova, L.P. Karatsuba. – Blagoveshchensk: BGPU, 2013. – 148 s. (In Russian).
31. Mekhanoaktivatsionnoe vozdeistvie na morfologiyu, kislotno-osnovnye i sorbtionnye svoistva klinoptilolitsoderzhashchikh porod / O.N. Dabizha i dr. // Izvestiya SPBG TI(TU). – 2017. – № 41 (67). – S. 54-58. (In Russian).
32. Mekhanokhimicheskaya modifikatsiya reaktsionnoi sposobnosti prirodnykh tseolitov / O.N. Dabizha i dr. // Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya. – 2016. – T. 24, № 2. – S. 193-201. <https://doi.org/10.15372/KhUR20160211>. (In Russian).
33. Razmakhnin K.K. Sovremennye tekhnologii pererabotki i modifikatsii tse-olitsoderzhashchikh porod Vostochnogo Zabaikal'ya: monografiya / K.K. Razmakhnin, A.N. Khat'kova; Zabaikal. gos. un-t. – Chita: ZaBGU, 2014. – 310 s. (In Russian).
34. Ergozhin E.E. Uspekhi v oblasti modifitsirovaniya Kazakhstanskikh tseolitov / E.E. Ergozhin, A.M. Akimbaeva // Vestnik KNU. – 2004. – Ser. 3, Vyp. 1. – S. 51-57. (In Russian).
35. Aleksandrova V.S., Zykova O.P., Markov E.H.YA. i dr. Zhurn. prikl. khimii. – 2004. – № 1. – S. 32. (In Russian).

36. Shankanai tseolitinin sorbtsiyalyk kasetterine modifi-katorlar tabigatynyn aseri / R.A. Kaiynbaeva zhane t.b. // *Khimicheskii zhurnal Kazakhstana*. – 2021. – V.3, № 75. – S.36-46. <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.37>. (In Kazakh).
37. Vasil'eva S.YU. Ravnovesnaya sorbtsiya α -tokoferola na modifitsirovannom klinoptilolite: Dis.kand.khim. nauk: 02.00.04: zashchishchena 27.03.2015 / Vasil'eva Svetlana Yur'evna. – Voronezh, 2014. – 137 s. (In Russian).
38. Шаппанай кен орнын модификацияланган тсеолитинин сорбциялык сипаттамаларын зерттеу / N.O. Dzhakipbekova i dr. // «Өзевоз окулары-22: академик Каныш Сәтбаев – Қазақстан ғылымның негізін қалаушы» академик Каныш Сәтбаевтың 125 жылдығына арналған халықаралық ғылым – тазирібелік конференциясының еңбектері. – Шымкент: М. Өзевоз атындағы ОҚУ, 2024. – 6 Т. – Б. 99-103. (In Kazakh).
39. Acid treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Scientific Collection «InterConf», (138): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Science: Development and Factors its Influence» (December 26-28, 2022; Amsterdam, Netherlands), InterConf. – 2022. – № 138. – R. 363-370. <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2096/2125>. (In English).
40. Dehydration and structural transformations during thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Scientific Collection «InterConf», (136): with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Paradigm in the Context of Technologies and Society Development» (December 16-18, 2022; Geneva, Switzerland), InterConf. – 2022. – № 136. – R. 356-364, <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1952/1981>. (In English).
41. Thermal treatment of Georgian, Kazakhstani and Armenian natural heulandite-clinoptilolites / V. Tsitsishvili et al // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (January 19-20, 2023), Seattle, USA, InterConf. – 2023. – № 139. – R. 242-260. <https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/article/view/2139/2168>. (In English).
42. Термическая стабилизация природных смесей геиландит-шабазит / V. Tsitsishvili i dr. // XV Mezhdunarodnaya konferentsiya po pererabotke i pererabotke poleznykh iskopaemykh 17-19 maya 2023 g., Belgrad, Serbiya. – S. 321-326. (In Russian).
43. Delkash M. Using zeolitic adsorbents to cleanup special wastewater streams: A review / M. Delkash, B. Ebrazi Bakhshayesh, H. Kazemian // *Microporous and Mesoporous Materials*. – 2015. – V. 214. – R. 224-241. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.04.039>Get rights and content. (In English).
44. Juliana de Carvalho Izidoro. Zeolites synthesized from agro-industrial residues applied in agriculture: A review and future prospects / Juliana de Carvalho Izidoro, Denise Alves Fungaro, Eleonora Cataldo // *Soil Use and Management*. – 2024. – V. 40, Issue 1. <https://doi.org/10.1111/sum.13003>, <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.13003>. (In English).
45. Makhamatzhanov M.I. Utilizatsiya tseolitovykh otkhodov dlya ispol'zovaniya na adsorbtsionnoi ochistke prirodnykh gazov / M.I. Makhamatzhanov, Z.KH. Alimova, K.EH. Magadiev // *Nauchnyi Impul's*. – 2022. – V.1, № 4. – S. 839-226. (In Russian).
46. Koohsaryan E. Application of zeolites as non-phosphate detergent builders: A review / E. Koohsaryan, M. Anbia, M. Maghsoodlu. // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2020. – V.8, Issue 5. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104287>. (In English).
47. Facile Hydrothermal Synthesis of Hierarchical Sodium P Zeolite as a Nonphosphate Detergent Builder / E. Koohsaryan et al // *Journal of Surfactants and Detergents*. – 2021. – V. 24, Issue 1. <https://doi.org/10.1002/jsde.12452>. (In English).
48. Integrated synthesis of zeolites 4A and Na-P1 using coal fly ash for application in the formulation of detergents and swine wastewater treatment / A.M. Cardoso et al // *Journal of Hazardous Materials*. – 2015. – V. 287. – P. 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.01.042>. (In English).
49. Weitkamp J. Zeolites and catalysis / J. Weitkamp // *Solid State Ionics*. – 2000. – V. 131, Issues 1-2. – R.175-188. [https://doi.org/10.1016/S0167-2738\(00\)00632-9](https://doi.org/10.1016/S0167-2738(00)00632-9). (In English).

50. Primo A. Zeolites as catalysts in oil refining / A. Primo, H. Garcia // *Chemical Society Reviews*. – 2014. – Issue 22. <https://doi.org/10.1039/C3CS60394F>. (In English).
51. Rafiani A. Zeolite-encapsulated catalyst for the biomass conversion: Recent and upcoming advancements / A. Rafiani, D. Aulia, G.T.M. Kadja // *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. – 2024. – V.9. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100717>.
52. Zeolite-based catalysts for exergy efficiency enhancement: The insights gained from nanotechnology / M. Servatan et al // *Materials Today: Proceedings*. – 2018. – V. 5, Issue 7 // <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.05.086>. (In English).
53. Nanosized ZSM-5 zeolites: Seed-induced synthesis and the relation between the physicochemical properties and the catalytic performance in the alkylation of naphthalene / Guang Wu et al // *Microporous and Mesoporous Materials*. – 2013. – V. 180. – R. 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.11.011>. (In English).
54. Sustained release of doxorubicin from zeolite-magnetite nanocomposites prepared by mechanical activation / M. Arruebo et al // *Nanotechnology*. – 2006. – V. 17, Number 16. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/16/011>, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-4484/17/16/011/meta>. (In English).
55. Nanotechnology Based Solutions for Wastewater Treatment / A. Baruah et al // *Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment*. – 2019. – R. 337-368. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813902-8.00017-4>. (In English).
56. de Magalhães L.F. Zeolite Application in Wastewater Treatment / L.F. de Magalhães, G.R. da Silva, A.E. Clark Peres // *Sage Journals*. – 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4544104>. (In English).
57. Natural Zeolites in Water Treatment – How Effective is Their Use / K. Margeta et al // *Water Treatment*. – 2013. <https://doi.org/10.5772/50738>, <https://www.intechopen.com/chapters/41947>. (In English).
58. Razrabotka novykh metodov ochistki vody ot rastvorimykh primesei tyazhelykh metallov / A.P. Il'in i dr. // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. – 2010. – T. 317, № 3. – S. 40-44. (In Russian).
59. Khat'kova A.N. Modifikatsiya svoystv tseolitov s tsel'yu rasshireniya oblasti ikh primeneniya / A.N. Khat'kova, K.K. Razmakhnin // *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. – 2011. – № 4. – S. 246-251. (In Russian).
60. Modifitsiruyushchie prirodnye tseolity dlya uluchsheniya adsorbtsii tyazhelykh metallov / E.H. Kuldeev i dr. // *Voda*. – 2023. – № 15(12). – S. 2215. (In Russian).
61. Tunakova YU.A. Ispol'zovanie prirodnogo tseolita dlya ochistki vod / YU.A. Tunakova, V.S. Valiev, G.N. Gabdrakhmanova // *Polzunovskii Vestnik*. – 2024. – № 1 – S.179-185. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.021>. (In Russian).
62. Vliyanie termicheskoi obrabotki na sorbtsionnye kharakteristiki tseolita primenyaemogo v protsesse ochistki vody / M.A. Seitzhanova i dr. // *Gorenie i plazmokhimiya*. – 2023. – T. 21, № 3. – S. 173-179. [https://doi.org/10.18321/cpc21\(3\)173-179](https://doi.org/10.18321/cpc21(3)173-179). (In Russian).
63. PMA-Zeolite: Chemistry and Diverse Medical Applications / A. Bulog et al // *Functional Biomaterials*. – 2024. – № 15(10). – R. 296. <https://doi.org/10.3390/jfb15100296>. (In English).
64. ООО «Тсеолит-ТрейД». Добыча и поставки – Электронный ресурс: http://www.zeolite.spb.ru/Data/obrashcheniya_k_saitu_20.04.2021. (In Russian).
65. Afarani H.T. The Gas Separation Performance of Polyurethane – Zeolite Mixed Matrix Membranes / H.T. Afarani, M. Sadeghi, Ah. Moheb // *Advances in Polymer Technology*. – 2016. – V. 37, Issue 2. <https://doi.org/10.1002/adv.21672>. (In English).
66. Weckhuysen B.M. Recent advances in zeolite chemistry and catalysis / B.M. Weckhuysen, J. Yu // *Royal Society of Chemistry*. – 2015. <https://doi.org/10.1039/C5CS90100F>, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/cs/c5cs90100f>. (In English).
67. Pérez-Botella E. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future Prospects / E. Pérez-Botella, S. Valencia, F. Rey // *Chemical Reviews*. – 2022. – V.122, Issue 24. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00140>. (In English).
68. Jingxiu Xie. Zeolite facilitates selective olefins production / Jingxiu Xie // *Nature Nanotechnology*. – 2022. – V.17. – R. 678–679. <https://www.nature.com/articles/s41565-022-01164-7>. (In English).
69. De Smedt C. Potential and actual uses of zeolites in crop protection / C. De Smedt, E. Someus, P. Spanoghe // *Pest Management Science*. – 2015. – V. 71, Issue 10. – P. 1355-1367. <https://doi.org/10.1002/ps.3999>. (In English).

70. Ispol'zovanie modifitsi-rovannogo tseolita, obogashchennogo aminokislotami firmy INAGROSA v kachestve kormovoi dobavki dlya molochnykh korov / S.V. Dezhatkina i dr. Prakticheskie rekomendatsii. – U'yanovsk: U'yanovskii GAU, 2019. – 47 s. (In Russian).
71. de Jesús Ruíz-Baltazar Á. Advancements in nanoparticle-modified zeolites for sustainable water treatment: An interdisciplinary review / Á. de Jesús Ruíz-Baltazar // *Science of The Total Environment*. – 2024. – V. 946. – R. 174373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174373>. (In English).
72. Study on the Reaction Parameters on Transesterification of Rubber Seed Oil Using MgO/zeolite-A Catalyst / K.D. Pandiangan et al // *Trends in Sciences*. – 2023. – V. 20, № 8. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.6480>. (In English).
73. Ramesh K. Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture / K. Ramesh, D.D. Reddy, Ch. Four // *Advances in Agronomy*. – 2011. – V. 113. – P. 219-241. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386473-4.00004-X>. (In English).
74. Potential and challenges of zeolite chemistry in the catalytic conversion of biomass / Th. Ennaert et al // *Chem. Soc. Rev.* – 2016. <https://doi.org/10.1039/c5cs00859j>. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/cs/c5cs00859j>. (In English).
75. Tailoring and Visualizing Macropores of the Zeolite Monolith to Reveal the Coke Resistance Performance for Bio-oil Hydrodeoxygenation / F. Gan et al // *ACS Catalysis*. – 2024. – № 14(17). – R. 13324-13333. <https://doi.org/10.1021/acscatal.4c02914>. (In English).
76. One-Pot Construction of Fe/ZSM-5 Zeolites for the Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides by Ammonia / E. Yuan et al // *Catalysis Science & Technology*. – 2017. – № 7(14). – R. 3036-3044. <https://doi.org/10.1039/C7CY00724H>. (In English).
77. Encapsulating Palladium Nanoparticles Inside Mesoporous MFI Zeolite Nanocrystals for Shape-Selective Catalysis / T.-L. Cui et al // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2016. – № 55(32). – R. 9178-9182. <https://doi.org/10.1002/anie.201602429>. (In English).
78. Acetylene Hydrogenation Using Palladium Zeolite Catalysts / W.L. Kranich et al // *Appl. Catal.* – 1985. – № 13(2). – R. 257-267. [https://doi.org/10.1016/S0166-9834\(00\)81144-6](https://doi.org/10.1016/S0166-9834(00)81144-6). (In English).
79. Regulation of the Si/Al Ratios and Al Distributions of Zeolites and Their Impact on Properties / J. Li et al // *Chemical Science*. – 2023. – № 14(8). – R. 1935-1959. <https://doi.org/10.1039/D2SC06010H>. (In English).
80. Bregante D.T. Periodic Trends in Olefin Epoxidation over Group IV and V Framework-Substituted Zeolite Catalysts: A Kinetic and Spectroscopic Study / D.T. Bregante, D.W. Flaherty // *J. Am. Chem. Soc.* – 2017. – № 139(20). – R. 6888-6898. <https://doi.org/10.1021/jacs.7b01422>. (In English).
81. XRD, XAS, and IR Characterization of Copper-Exchanged Y Zeolite / G.T. Palomino et al // *J. Phys. Chem.* – 2000. – № 104(36). – R. 8641-8651 <https://doi.org/10.1021/jp000584r>. (In English).
82. Natural zeolite utilisation in pollution control: A review of applications to metals' effluents / S. Kesraoui-Ouki et al // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 1994. – V.59, Issue 2. <https://doi.org/10.1002/jctb.280590202>. (In English).
83. Englert A.H. Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite / A.H. Englert, J. Rubio // *International Journal of Mineral Processing*. – 2004. – V.75, Issues 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2004.01.003>. (In English).
84. Effect of zeolite particle size on the performance of polymer–zeolite mixed matrix membranes / Birgül Ş. Et al // *Journal of Membrane Science*. – 2000. – V. 175, Issue 2. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)00423-3](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)00423-3). (In English).
85. Rad L.R. Zeolite-based composites for the adsorption of toxic matters from water: A review / L.R. Rad, M. Anbia // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2021. – V.9, Issue 5. – R. 106088. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106088>. (In English).
86. Catalytic effect of zeolite LTA on thermal degradation of polysulfone and kinetic analysis / Zh. Huang et al // *Advances in Polymer Technology*. – 2018. – V. 37, Issue 8. <https://doi.org/10.1002/adv.22156>, <https://onlinelibrary.Wiley.Com/doi/10.1002/adv.22156>. (In English).
87. Sagitova G.F. Tseolitti qoldana otyryp rezina qospalaryna arnalğan qyrama oqshaulaushy kompozitsiyalaryn әzirleu: monografiya / G.F. Sagitova // Shymkent:Izdatel'skii tsentr «AseM», 2021. – 160 s. (In Russian).
88. Zeolites for the environment / Q. Lang et al // *Green Carbon*. – 2024. – V. 2, Issue1. – R.12-32. <https://doi.org/10.1016/j.greenca.2024.02.007>. (In English).

89. Removal of ammonia nitrogen from rubber industry wastewater using zeolite as adsorbent / N. Nasir et al // Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2019. – V. 15, № 6. – P. 862-866. https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=ZEOLITE+FOR+RUBBER+INDUSTRY&btnG= (In English).
90. Ammoniacal nitrogen, chemical oxygen demand, and color reduction in rubber processing industry effluent using zeolite / A. Detho et al // Desalination and Water Treatment. – 2022. – V. 270. – P. 185-193. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398624110818>. (In English).
91. Hamzani. Determining the proper-ties of semi-flexible pavement using waste tire rubber powder and natural zeolite / Hamzani // Construction and Building Materials. – 2021. – V. 266. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121199>. (In English).
92. Pyrolysis of waste rubber tires with palladium doped zeolite / A. Hijazi et al // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2019. – V. 7, Issue 6. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103451>. (In English).
93. Effects of magnetically modified natural zeolite addition on the crosslink density, mechanical, morphological, and damping properties of SIR 20 natural rubber reinforced with nanosilica compounds / R. Murniati et al // Journal of Polymers Research. – 2020. – V. 27, № 37. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10965-020-2013-0>. (In English).
94. Experimental Study on the Effect of Waste Rubber Powder and Zeolite Replacement on Cemented Sandy Soil / A. Karimi et al // AUT Journal of Civil Engineering. – 2024. https://ajce.aut.ac.ir/article_5541.html. (In English).
95. Molecular sieving effect of the zeolite-filled silicone rubber membranes in gas permeation / M. Jia et al // Journal of Membrane Science. – 1991. – V. 57, Issues 2-3. – P. 289-292. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(00\)80684-5](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(00)80684-5). (In English).
96. Application Characteristics of Zeolite-Based Stuffing for Nanofluidic Packer Rubber / Y. Zhang et al // Energies. – 2022. – № 15(21). – R. 7962. <https://doi.org/10.3390/en15217962>. (In English).
97. Application of Organic Amine Modified Natural Zeolite in Filling Natural Rubber / X. Chen et al // Nanomaterials. – 2022– № 12(16). – R. 2784. <https://doi.org/10.3390/nano12162784>. (In English).
98. Novel application of Zn-containing Zeolitic Imidazolate Frameworks in promoting the vulcanization and mechanical properties of natural rubber composites / X. Tian et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2023. – V. 140, Issue 33/ <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10974628/2023/140/33>. (In English).
99. Solvent-free synthesized zeolites as compatibility agents in FKM rubber / D.I. Petkowicz et al // Journal of Applied Polymer Science. – 2023. – V. 140, Issue 39. <https://doi.org/10.1002/app.54461>. (In English).
100. Substitution of carbon black by zeolite nanofillers in the rubber compounds substitution of carbon black by zeolite nanofillers in the rubber compounds / D. Ondrušová et al // University Review. – 2012. – V. 6, № 2. https://ur.tnuni.sk/fileadmin/dokumenty/UR_V6_ISS2_63to66.pdf. (In English).
101. Controlled migration of oleic acid amide through adsorption on TS-1 zeolite for long-lasting anti-adhesive rubber composites / K. Li et al // Materials Today Communications. – 2024. – V. 41. – R. 110939. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.110939>. (In English).
102. Predv. patent 10205 KZ, MPK C08L 9/02. Brekernaya rezinovaya smes' / Eskaraeva G.Z., Sakibaeva S.A., Khlebova S.V., Tautanov KH.B. opubl. 15.04.2005, Byull. № 5. <https://kz.patents.su/patents/hlebova-svetlana-vasilevna>. (In Russian).

А.О. Оразымбетова¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, А.С. Сидиков², С.А. Сакибаева¹, А.Б.Иса¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова,
160012, Республика Казахстан г.Шымкент, пр.Тауке хана, 5

²Филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, Республика
Узбекистан, г. Ташкент

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕОЛИТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ (ОБЗОР)

Цеолиты, благодаря уникальным свойствам, имеют обширную сферу применения. Наполнители являются одним из важнейших компонентов рецептур резиновых смесей, позволяющих эффективно воздействовать на комплекс химических, технологических, физико-

механических и экономических показателей резин. Особое место в этом классе наполнителей занимает цеолит. Целью настоящего обзора является анализ имеющихся работ по изучению свойств и применению цеолитов для дальнейшего исследования их в качестве промотирующей системы. В последние годы проводятся активные исследования по созданию новых типов промотирующих систем на основе минерального сырья. Характерной особенностью неорганических промоторов адгезии является их способность медленно выделять ионы металла, что положительно сказывается на эффективности крепления резин к латунированному металлу при эксплуатации. Это позволяет вводить соли металлов в значительных дозировках без нежелательных эффектов, особенно минеральным, что вызвано, главным образом, относительной дешевизной исходного сырья. В этом аспекте цеолиты давно привлекают внимание исследователей как минералы, обладающие специфическими свойствами и структурными особенностями. Из всех известных в природе более 52 минеральных видов и разновидностей цеолитов только некоторые удовлетворяют требованиям для использования в практических целях, а именно образуют крупные, почти мономинеральные концентрации и одновременно обладают соответствующими полезными свойствами: высокой адсорбционной способностью, катионной емкостью, и кислото- и термостойкостью. Цеолиты можно считать сырьем многоцелевого назначения из-за разнообразия вещественного и химического составов, текстурных и структурных показателей, физико-механических и адсорбционных свойств. А для успешного применения любого минерального сырья в различных отраслях промышленности необходимо детальное изучение их текстурно-структурных характеристик, а также поиск новых путей повышения полезных свойств современными технологическими методами и приемами.

Ключевые слова: цеолит, природный минерал, резиновая смесь, промотор адгезии, клиноптилолит, каркас, пористый.

A.O. Orazymbetova¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², S.A. Sakibayeva¹, A.B. Issa¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University,

160012, Shymkent, Republic of Kazakhstan, Tauke Khan ave., 5

²Branch of the Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

*e-mail: guzalita.f1978@mail.ru

THE POSSIBILITIES OF USING ZEOLITES IN VARIOUS FIELDS (REVIEW)

Zeolites, due to their unique properties, have a wide range of applications. Fillers are one of the most important components of rubber compound formulations, allowing effective impact on the complex of chemical, technological, physical-mechanical and economic indicators of rubbers. Zeolite occupies a special place in this class of fillers. The purpose of this review is to analyze existing works on the study of the properties and application of zeolites for their further study as a promoting system. In recent years, active research has been carried out to create new types of promotional systems based on mineral raw materials. A characteristic feature of inorganic adhesion promoters is their ability to slowly release metal ions, which has a positive effect on the efficiency of fastening rubber to brass-plated metal during operation. This makes it possible to introduce metal salts in significant dosages without undesirable effects, especially mineral ones, which is caused mainly by the relative cheapness of the feedstock. In this aspect, zeolites have long attracted the attention of researchers as minerals with specific properties and structural features. Of all the more than 52 mineral species and varieties of zeolites known in nature, only a few meet the requirements for use for practical purposes, namely, they form large, almost monomineral concentrations and at the same time have the corresponding useful properties: high adsorption capacity, cation capacity, acid and heat resistance. Zeolites can be considered a multi-purpose raw material due to the diversity of material and chemical compositions, textural and structural characteristics, physical, mechanical and adsorption properties. And for the successful use of any mineral raw materials in various industries, a detailed study of their textural and structural characteristics is necessary, as well as a search for new ways to increase beneficial properties using modern technological methods and techniques.

Key words: zeolite, natural mineral, rubber compound, adhesion promoter, clinoptilolite, frame, porous.

Авторлар туралы мәліметтер

Альмира Омаркызы Оразымбетова – «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының PhD докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – Химия ғылымының докторы, «Жалпы химия, мұнай және газ химиясы» кафедрасының профессоры, И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразақовна Сакибаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Бейорганикалық және мұнайхимия өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Азиза Бакытжановна Иса – PhD доктор, «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: isa.aziza@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0897-3846>.

Сведения об авторах

Альмира Омаркызы Оразымбетова – PhD докторант кафедрасы «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казакстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Гузалия Фаритовна Сагитова* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казакстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Абдужалол Сидикович Сидиков – доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия, химия нефти и газа» филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Сауле Абдразақовна Сакибаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология неорганических и нефтехимических производств» Южно-Казакстанского университета им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Азиза Бакытжановна Иса – PhD доктор, старший преподаватель кафедры «Химия и фармацевтическая инженерия» Южно-Казакстанского университета им. М. Ауэзова, г.Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: isa.aziza@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0897-3846>.

Information about the authors

Almira Orazymbetova – PhD doctoral student of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: almira.oao1976@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5325-7673>.

Guzaliya Sagitova* – Candidate of technical sciences, Professor of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: guzalita.f1978@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>.

Abdujalol Sidikov – Doctor of Chemical Sciences, Professor, of the Department «General Chemistry, Chemistry of Oil and Gas» branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU) branch in Tashkent, Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: sidikov_a@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5393-8201>.

Saule Sakibayeva – Candidate of technical sciences, Professor of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saule.sakibayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>.

Aziza Issa – PhD doctor, Senior Lecturer «Chemistry and Pharmaceutical Engineering» of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: isa.aziza@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0897-3846>.

Редакцияға енуі 06.01.2025

Өңдеуден кейін түсуі 06.03.2025

Жариялауға қабылданды 11.03.2025



М.Н. Сыздыкова*, А.У. Исаева

М. Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті,
160021, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан 5
*e-mail: maksat.marzhan@mail.ru

АҒЫНДЫ СУДЫ ТАЗАЛАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS АСН 1 БАКТЕРИЯЛЫҚ ШТАМЫНЫҢ ТЕМІРДІ БИОХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Бұл мақалада ағынды суды микроағзалармен биохимиялық тазалау мәселесі қарастырылған. Ағынды суды тазалауда пайдаланылатын темірбактериясының темірді тотықтыру жылдамдығы қоршаған орта факторы, соның ішінде температураға байланысты екендігі зерттелген. Ең көп таралған және қолжетімді тазарту әдістерінің бірі – минералды коагулянттарды (алюминий және темір тұздары) және флокулянттарды қолдана отырып, өндірістік ағынды суларды тазарту. Коагулянттар мен флокулянттардың негізгі мақсаты бөлшектердің мөлшерін олардың бір-біріне жабысуына (агрегациясына) байланысты ұлғайту және соның салдарынан суды сүзу, тұндыру, флотация арқылы тазарту тиімділігін арттыру болып табылады. Біз *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактерияларының культуралық сұйықтығын кәсіпорындардың ағынды суларын металл иондарынан және кейбір органикалық ластаушы заттардан тазарту үшін коагулянт ретінде пайдалануға ұсынамыз. *A.ferrooxidans* энергия көзі ретінде Fe^{2+} пайдаланады, сондықтан ортадағы Fe^{2+} концентрациясы бактериялардың көбеюіне әсер етуі мүмкін. Бактериялар екі валентті темірді – үш валентті темірге дейін тотықтыру барысында өзінің зат алмасуына қажетті энергияны алады. Тотықтыру барысында алынған үш валентті темірді ағынды суды тазалауда биокоагулянт ретінде пайдалану мүмкіндігі бар. Мақалада темірдің бактериялар арқылы биохимиялық тотығуы үшін оптималды температурасы көрсетілген.

Түйін сөздер: коагуляция, ағынды су, тионды бактериялар, тотығу, *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Кіріспе

Су қауіпсіздігі ХХІ ғасырдың негізгі жаһандық мәселелерінің бірі болып табылады. Жыл сайын демографиялық өсу, экономикалық-әлеуметтік даму сияқты факторлардың әсерінен суды тұтыну қажеттілігі 1%-ға артуда [1].

Қазақстан үшін су қауіпсіздігі келесідей бірқатар факторларға байланысты ерекше мәселе болып табылады: еліміздің географиялық жағдайы, оның трансшекаралық өзендерге тәуелділігі, қоршаған ортаның нашарлауы, жергілікті климаттың өзгеруі.

Негізгі су тұтынушылар: өнеркәсіптер, қалалық және ауылдық коммуналдық шаруашылықтар, суармалы егіншіліктің қажеттіліктері.

Өндіріс орындары жылына су жиғыштағы 5,7-6,1 км³ су көлемінің шамамен 5,1-5,5 км³ суын пайдаланады, бұл су жиғыштың 20-25%-н құрайды. Суды тұтынудың ең үлкен үлесі – жылу энергетикасы, мұнай өнеркәсібі, металлургияға жатады. Суды қайтарымыз пайдалану, жылына жалпы судың үштен бірін немесе 1,0-1,5 км³ құрайды.

Ауыл шаруашылығы жыл сайын судың 0,7-0,9 км³ немесе жалпы су қорының 3-4%-н тұтынады. Қалалық елді мекендердің суды тұтыну көрсеткіші – 55% болса, ауылдық тұрғындар 11% құрайды [2].

Қазіргі таңда кез келген елді мекендерге тазарту қондырғылары қажет, бұл пайдаланылған суды қоршаған ортаға еңбес бұрын тазартуға мүмкіндік береді. Бірақ тазарту қондырғыларының жетіспеушілігі және ескіргеніне байланысты, ластанған судың қоршаған ортаға енуі жағымсыз салдарға алып келеді [3].

Қазіргі уақытта ағынды суды тазалаудың көптеген әдістері бар [4]. Ағынды сулар келесідей әдістермен тазартылады: механикалық, физика-химиялық және биологиялық. Механикалық тазалау бастапқы әдіс болып табылады және үлкен механикалық қоспаларды кетіруге арналған [5]. Келесі кезең-химиялық заттардан тазарту, әртүрлі қышқылдар мен сілтілерді кетіру [6]. Биологиялық әдісте ластаушы заттармен және химиялық реагенттер қоректенетін микроорганизмдер қолданылады [7].

Ең көп таралған және қол жетімді тазарту әдістерінің бірі – минералды коагулянттарды (алюминий және темір тұздары) және флокулянттарды қолдана отырып, өндірістік ағынды суларды тазарту. Коагулянттар мен флокулянттардың негізгі мақсаты бөлшектердің мөлшерін олардың бір-біріне жабысуына (агрегациясына) байланысты ұлғайту және соның салдарынан суды сүзу, тұндыру, флотация арқылы тазарту тиімділігін арттыру болып табылады [8].

Аталған әдісте қолданылатын химиялық коагулянт өзінің қымбаттылығымен белгілі және экономикалық жағынан тиімсіз болып табылады.

Биохимиялық тазалау әдістерінде әдетте гетеротрофты және автотрофты микроағзаларды пайдаланады. *Acidithiobacillus ferrooxidans* бактерияларының культуралық сұйықтығын кәсіпорындардың ағынды суларын металл иондарынан және кейбір органикалық ластаушы заттардан тазарту үшін коагулянт ретінде пайдалануға болады [9].

A. ferrooxidans энергия көзі ретінде Fe^{2+} пайдаланады, сондықтан ортадағы Fe^{2+} концентрациясы бактериялардың көбеюіне әсер етуі мүмкін. Бактериялар екі валентті темірді – үш валентті темірге дейін тотықтыру барысында өзінің зат алмасуына қажетті энергияны алады. Тотықтыру барысында алынған үш валентті темірді ағынды суды тазалауда биокоагулянт ретінде пайдалану мүмкіндігі бар [10].

A. ferrooxidans темір бактериялары қышқыл орта жағдайында темірді тотықтыра алады. Қолайлы орта жағдайында екі валентті темірдің бактериялық тотығу жылдамдығы, химиялық тотығу жылдамдығына қарағанда 100-400 мың есе жоғары болып табылады. Қоректік ортада бактериялардың көбеюін қамтамасыз ететін Fe^{2+} минималды мөлшері – 125 мг/л болып табылады [11].

A. ferrooxidans темір бактериясы 10-дан 40°C-қа дейінгі температурада өсе алады, бірақ өсу үшін оңтайлы температура шамамен 30°C. Себебі бұл температурада темірдің тотығу жылдамдығы жоғары болады. Темір бактериялардың қышқыл ортада тіршілік етіп көбеюіне байланысты, темірді биохимиялық тотықтыруы үшін оңтайлы рН орта – $2\pm 0,5$ [12]. *A. ferrooxidans* – аэробты микроағза болғандықтан, темірді тотықтыру процесі үшін жеткілікті оттегі мөлшері болуы қажет [13].

Зерттеу жұмысының мақсаты *A. ferrooxidans Ach 1* темір бактериясының өсуіне қажетті оңтайлы температураны анықтау арқылы, екі валентті темірдің үш валентті темірге дейін тотығу жылдамдығын анықтау.

Зерттеу нысаны мен әдістері

A. ferrooxidans Ach 1 – кейде жұпта орналасқан, көбінесе жалғыз, өлшемі $0,4 \times (0,8-1)$ мкм болатын қысқа таяқшалар түрінде болатын тион бактериясы. Грам теріс боялған, спора түзбейді. Бір полярлы флагелласы бар. Көбеюі көлденең бөліну арқылы жүреді. Ащысай кентінде орналасқан полиметалл қождарынан бөлінген.

Тион бактерияларын оқшаулау және өсіру. *A. Ferrooxidans Ach 1* штаммы Сильверман-Люндгрэн 9К қоректік ортасында дақылдандырылды. Қоректік ортаның құрамы келесідей г/л: $(NH_4)_2SO_4$ -2,0; K_2HPO_4 -1,0; $MgSO_4$ -0,5; NaCl -0,2; $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 44,2; H_2O -1л; қоректік ортаның рН-ы H_2SO_4 –пен 1,0-ге дейін жеткізілді. Қоректік ортаға бактериялық штаммның суспензиясы – 5:1 қатынасында енгізілді, өсіру аэропомп көмегімен үздіксіз аэрация режимінде $№KO$ – 1/80 СПУ ТУ 9452-002-00141798-97 маркалы термостатта 25-30°C температурада жүзеге асырылды.

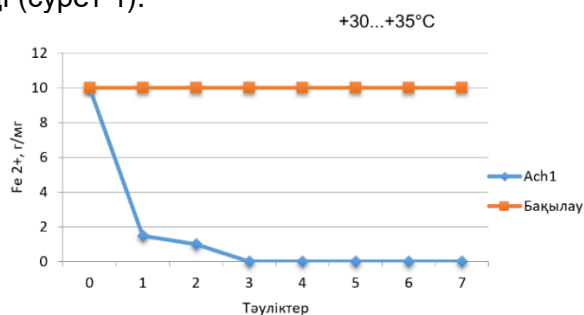
ДНҚ-дағы Г+Ц мөлшері 48-68 моль. % аралығында болады. Бактериялардың титрі 107-108 кл/мл. Тионды бактериялардың өсуін, сұйық ортаның түсінен байқадық. Сұйық қоректік орта алдымен мөлдір түсті, кейіннен темір оксидтерінің пайда болуына байланысты қызғылт қоңыр түске айналды. Сұйық қоректік ортада күкіртпен бірге біркелкі бұлыңғырлық болды, ал ортаның қышқылдық деңгейі – рН 1.0-1.5-ге дейін төмендеді.

Бактериялардың белсенділігін екі валентті темірдің тотығу дәрежесіне қарай трилонометриялық әдіспен және УК/көрінетін CARY50 аймағының сканерлік спектрофотометрмен анықталды. Стандартты үлгі MEMCT 673-21 талабына сай дайындалды.

Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар

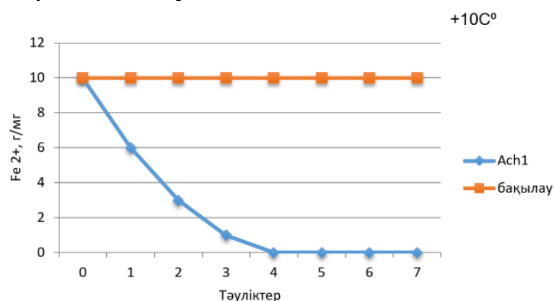
A. ferrooxidans Ach 1 бактериялық штамының белсенділігі екі валентті темірдің – үш валентті темірге дейін биологиялық тотықтыру жылдамдығына байланысты. *A. Ferrooxidans Ach 1* бактериясының темірді тотықтыру жылдамдығы: +5 С°; +10С°; +30...+ 35 С° 3 түрлі температуралық режимде зерттелді. Түрлі температура жағдайында темірдің бактериялармен

тотығу жылдамдығын зерттеу нәтижесінде оңтайлы температура +30° +35°C екендігі анықталды. *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының Fe²⁺ тотықтыру жылдамдығы сағатына 0,5 ± 0,1 г/л құрап, екі валентті темірдің бастапқы мөлшерінен 1 – тәулікте 5,5 есеге, ал 2 – тәулікте 6 есеге төмендеді (сурет 1).



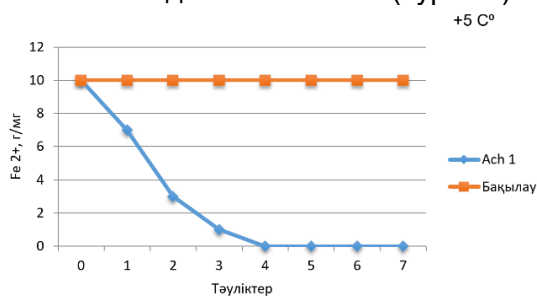
Сурет 1 – Ach1 штамының екі валентті темірді +30°...+35°C температурада тотықтыру динамикасы

A. Ferrooxidans Ach 1 штамы – температураны +10°C-ге дейін төмендеткенде екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығы бастапқы концентрациядан 3 күнде 3 есеге төмендегені анықталды, темірдің тотығу жылдамдығы сағатына 0,1 г/л құрады (сурет 2).



Сурет 2 – Ach1 штамының екі валентті темірді +10°C температурада тотықтыру динамикасы

A. Ferrooxidans Ach 1 штамының – температураны +5°C-ге дейін төмендеткенде екі валентті темірді тотықтыру жылдамдығы сағатына 0,1 г/л құрады. +5°C ± 0,5 температурада бактериялар 3 – тәуліктен кейін белсенділігін жоғалтты (сурет 3).



Сурет 3 – Ach1 штамының екі валентті темірді +5°C температурада тотықтыру динамикасы

A. Ferrooxidans Ach 1 штамының екі валентті темірді тотықтыру дәрежесін УК/көрінетін CARY50 аймағының сканерлік спектрофотометрмен талдау нәтижесінде, сынамалардың құрамында екі валентті темірдің мөлшері азайғандығы анықталды. Темірді биохимиялық тотықтыру процесі +30°C температурада, үздіксіз аэрациялау режимінде, рН 2±0,5 ортада жүргізілді. Талдау 4 ретті қайталанумен жүргізіліп, нәтижелері төмендегі кестеде көрсетілген (кесте 1):

Кесте 1 – Бактериялық суспензия үлгілеріндегі Fe²⁺ мөлшері

Үлгі №	Fe ²⁺ мөлшері, мг/л
1	0,1577
2	0,1585
3	0,1581
4	0,1576

Үлгілердің құрамындағы екі валентті темірдің бастапқы мөлшері 44,2 г/л болса, берілген көрсеткіштерге байланысты *A.ferrooxidans Ach 1* бактерияларының тіршілік әрекетінің әсерінен екі валентті темірдің биохимиялық тотығының нәтижесінде мөлшері 0,1579 мг/л-ге дейін төмендегені анықталды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде микроағза штамдарымен екі валентті темірдің биологиялық тотығу процесінде температуралық фактордың айтарлықтай ықпал ететіндігі анықталды. Әр түрлі температуралар диапазонында зерттеу барысында оңтайлы температура +30...+35°C болып табылды. *A.ferrooxidans Ach 1* бактериялық штамының екі валентті темірді +30...+35°C температура режимінде тотықтырғанда, темірдің мөлшері бастапқы мөлшерінен 2-тәулікте 6 есеге төмендесе +10°C температурада 3 тәулікте 3 есеге төмендегіні белгілі болды. *A.ferrooxidans Ach 1* темір бактериясының өсуіне қажетті оңтайлы температураны анықтау арқылы, екі валентті темірдің үш валентті темірге дейін тотықтыру ең үлкен жылдамдығы сағатына 0,5±0,1 г/л екені белгілі болды.

Әдебиеттер тізімі

1. Современное состояние и проблемы очистки сточных вод в Казахстане / Т.С. Жылқыбаев и др. // Вестник КазАТК. – 2023. – № 4. – С. 514-523.
2. Қоршаған орта статистикасы [Электрон.ресурс]. 2023. URL: <https://stat.gov.kz/industries/environment/stat-eco/>.
3. Removal of oil and grease as Emerging Pollutants of Concern (EPC) in wastewater stream / T.J. Alade et al // IJUM Engineering Journal. – 2011. – V. 12, № 4. – P. 161-169.
4. Бурыкин А.В. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов / А.В. Бурыкин, В.В. Козлов // В мире научных открытий. – 2012. – № 2 – С. 99-102.
5. Маркитанова Л.И. Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / Л.И. Маркитанова. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 134 с.
6. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. – Москва: Химия, 2011. – 384 с.
7. Бондарев А.А. Биологические и физико-химические методы очистки сточных вод.– Москва: ВИНТИ, 2012. – 341с.
8. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – Москва: Акварос, 2011. – 213 с.
9. Fe₂(SO₄)₃ and Bentonite Use to Reduce COD Indicators in Wastewater Containing Detergents / A.U. Issayeva et al // Journal of Ecological Engineering (JEE). – 2022. – № 23(3). – P. 68-73. <https://doi.org/10.12911/22998993/145468>.
10. Acidithiobacillus ferrooxidans and its potential application / S. Zhang et al // Extremophiles. – 2018. – № 22. – P. 563-579.
11. Taskarayeva K.A. The use of bacterial suspension of Thiobacillus ferrooxidans for wastewater treatment / K.A. Taskarayeva, A.U. Issayeva, V.K. Bishimbayev // Theoretical and applied ecology – 2008. – № 3. – P. 69-73.
12. Biological materials formed by Acidithiobacillus ferrooxidans and their potential applications in metal extraction / L. Chen et al // Biotech. – 2020. – № 10. – P. 463.
13. Acidithiobacillus ferrooxidans / J. Valdés et al // BMC Genomics. – 2008. – № 9. – P. 597.

References

1. Sovremennoe sostoyanie i problemy ochistki stochnykh vod v Kazakhstane / T.S. Zhylykybaev i dr. // Vestnik KazATK. – 2023. – № 4. – S. 514-523. (In Russian).
2. Korshagan orta statistikasy [Elektron.resurs]. 2023. URL: <https://stat.gov.kz/industries/environment/stat-eco/>. (In Kazakh).
3. Removal of oil and grease as Emerging Pollutants of Concern (EPC) in wastewater stream / T.J. Alade et al // IJUM Engineering Journal. – 2011. – V. 12, № 4. – P. 161-169. (In English).
4. Burykin A.V. Metody ochistki stochnykh vod ot nefteproduktov / A.V. Burykin, V.V. Kozlov // V mire nauchnykh otkrytii. – 2012. – № 2 – S. 99-102. (In Russian).
5. Markitanova L.I. Vodospabzhenie i ochistka stochnykh vod predpriyatii pishchevoi promyshlennosti / L.I. Markitanova. – SPb.: SPBGUNIPT, 2006. – 134 s. (In Russian).
6. Lur'e YU.YU. Analiticheskaya khimiya promyshlennykh stochnykh vod / YU.YU. Lur'e. – Moskva: Khimiya, 2011. – 384 s. (In Russian).

7. Bondarev A.A. Biologicheskie i fiziko-khimicheskie metody ochistki stochnykh vod.— Moskva: VINITI, 2012. – 341s. (In Russian).
8. Zhmur N.S. Tekhnologicheskie i biokhimicheskie protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aehrotenkami / N.S. Zhmur. – Moskva: Akvaros, 2011. – 213 s. (In Russian).
9. Fe₂(SO₄)₃ and Bentonite Use to Reduce COD Indicators in Wastewater Containing Detergents / A.U. Issayeva et al // Journal of Ecological Engineering (JEE). – 2022. – № 23(3). – R. 68-73. <https://doi.org/10.12911/22998993/145468>. (In English).
10. Acidithiobacillus ferrooxidans and its potential application / S. Zhang et al // Extremophiles. – 2018. – № 22. – R. 563-579. (In English).
11. Taskarayeva K.A. The use of bacterial suspension of Thiobacillus ferrooxidans for wastewater treatment / K.A. Taskarayeva, A.U. Isayeva, V.K. Bishimbayev // Theoretical and applied ecology – 2008. – № 3. – R. 69-73. (In English).
12. Biological materials formed by Acidithiobacillus ferrooxidans and their potential applications in metal extraction / L. Chen et al // Biotech. – 2020. – № 10. – R. 463. (In English).
13. Acidithiobacillus ferrooxidans / J. Valdés et al // BMC Genomics. – 2008. – № 9. – R. 597. (In English).

Бұл зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасының Ғылым және Жоғары Білім министрлігінің № AP22685211 «Органика құрамды ағын суларды хемотрофты микроағзаларды пайдалану арқылы биологиялық тазарту технологиясы» гранты бойынша қаржыландырылды.

М.Н. Сыздыкова*, А.У. Исаева

Южно-Казахстанский Университет имени М. Ауэзова,
160021, Республика Казахстан, г. Шымкент, Тауке хан 5
*e-mail: maksat.marzhan@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА БАКТЕРИАЛЬНЫМ ШТАММОМ ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS ACH 1, ИСПОЛЬЗУЕМЫМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В данной статье были рассмотрены вопросы биохимической очистки сточных вод бактериями. Было исследовано, что скорость окисления железа бактериями, используемыми при очистке сточных вод, зависит от фактора окружающей среды, в том числе температуры. Одним из наиболее доступных и распространенных методов очистки сточных вод, является очистка с использованием минеральных коагулянтов (солей алюминия и железа) и флокулянтов. Основным назначением коагулянтов и флокулянтов является увеличение размера частиц за счет их адгезии (агрегации) и, как следствие, повышение эффективности очистки за счет фильтрации, осаждения и флотации воды. Мы рекомендуем культуральную суспензию бактерий Acidithiobacillus ferrooxidans использовать в качестве коагулянта для очистки сточных вод предприятий от ионов металлов и некоторых органических загрязнителей. A.ferrooxidans использует Fe²⁺ в качестве источника энергии, поэтому концентрация Fe²⁺ в среде может влиять на рост бактерий. В процессе окисления двухвалентного железа до трехвалентного железа бактерии получают энергию, необходимую для их метаболизма. Трехвалентное железо, полученное в процессе окисления, может использоваться в качестве биокоагулянта при очистке сточных вод. В статье показана оптимальная температура для биохимического окисления железа бактериями.

Ключевые слова: коагуляция, сточная вода, тионовые бактерии, окисление, Acidithiobacillus ferrooxidans.

M.N. Syzdykova*, A.U. Isayeva

M. Auevov South Kazakhstan University,
160021, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke khan 5
*e-mail: maksat.marzhan@mail.ru

INVESTIGATION OF THE RATE OF BIOCHEMICAL OXIDATION OF IRON BY THE BACTERIAL STRAIN ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS ACH 1 USED FOR WASTEWATER TREATMENT

This article discusses the issue of biochemical wastewater treatment by microorganisms. It has been investigated that the rate of iron oxidation by bacteria used in wastewater treatment depends on environmental factors, including temperature. One of the most common and affordable treatment methods is the treatment of industrial wastewater using mineral coagulants (aluminum and iron salts) and flocculants. The main purpose

of coagulants and flocculants is to increase the particle size due to their adhesion (aggregation) and, as a result, to increase the efficiency of purification due to filtration, precipitation, and flotation of water. We recommend using the culture liquid of *Acidithiobacillus ferrooxidans* bacteria as a coagulant for wastewater treatment of enterprises from metal ions and some organic pollutants. *A. ferrooxidans* uses Fe^{2+} as an energy source, so the concentration of Fe^{2+} in the medium can affect the growth of bacteria. In the process of oxidation of ferrous iron to trivalent iron, bacteria receive the energy necessary for their metabolism. Trivalent iron obtained during the oxidation process can be used as a biocoagulant in wastewater treatment. The article shows the optimal temperature for biochemical oxidation of iron by bacteria.

Key words: coagulation, wastewater, thion bacteria, oxidation, *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Авторлар туралы мәліметтер

Маржан Нурлановна Сыздыкова* – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Экология» кафедрасының докторанты; М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан, Шымкент; e-mail: maksat.marzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-9743>.

Акмарал Умирбековна Исаева – биология ғылымдарының докторы, «Экология» кафедрасының профессоры; М. Әуезов атындағы ОҚУ; Қазақстан, Шымкент; e-mail: akissayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Сведения об авторах

Маржан Нурлановна Сыздыкова – Южно-Казakhstanский Университет им. М. Ауэзова; Қазақстан, Шымкент; магистр естественных наук, докторант кафедры «Экология»; e-mail: maksat.marzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-9743>.

Акмарал Умирбековна Исаева – доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология»; Южно-Казakhstanский Университет им. М. Ауэзова; Қазақстан, Шымкент; e-mail: akissayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Information about the authors

Маржан Нурлановна Сыздыкова* – M. Auezov South Kazakhstan University; Republic of Kazakhstan, Shymkent; master of Natural Sciences, Doctoral student of the Department of Ecology; e-mail: maksat.marzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-9743>.

Акмарал Умирбековна Исаева – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology; M. Auezov South Kazakhstan University; Republic of Kazakhstan, Shymkent; e-mail: akissayeva@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8323-3982>.

Редакцияға енуі 04.10.2024

Өңдеуден кейін түсуі 23.01.2025

Жариялауға қабылданды 24.01.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-50](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-50)

IRSTI: 87.21.09; 87.21.23



D.Kh. Yuldashbek*, D.K. Sunakbaeva

Khoja Ahmed Yasawi International Kazakh-Turkish University,
016200, Republic of Kazakhstan, Turkestan, 29/3 Sattarkhanov Avenue

*e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz

EFFECTS OF PHYTOREMEDIATION ON ENZYMATIC ACTIVITY AND FERTILITY RESTORATION IN CADMIUM-CONTAMINATED SOIL

Abstract: This study is dedicated to the investigation of phytoremediation of cadmium-contaminated soil using carrot (*Daucus carota* L.) and vermicompost. The paper discusses methods for modeling soil contamination and determining cadmium translocation in plants, as well as the impact of phytoremediation on the activity of soil enzymes, such as catalase, urease, dehydrogenase, and protease. The experiment showed that *Daucus carota* L. effectively accumulates cadmium in the roots, especially at high concentrations of contamination. The introduction of vermicompost into the soil helps reduce cadmium accumulation in the plant, which may be related to the improvement of soil structure and its ability to neutralize toxic substances. Furthermore, the addition of vermicompost helps maintain higher levels of soil enzyme activity, alleviating the toxic effects of cadmium on microorganisms and the soil ecosystem. The results of the study confirm that carrots (*Daucus carota* L.), as a phytoremediant, in combination with vermicompost can be used to clean the soil of pollutants (Cd) and restore its biological activity.

Key words: soil, cadmium pollution, enzymatic activity, vermicompost, phytoremediation, carrot (*Daucus carota L.*).

Introduction

Heavy metal contamination is a prevalent form of pollution around the world and has emerged as a significant global concern due to its potential dangers to both ecosystems and human health [1, 2].

Cadmium (Cd) is widely recognized as a highly toxic heavy metal that poses significant biological risks to both terrestrial and aquatic organisms [3]. It enters ecosystems through various human activities and environmental emissions. When plants grow in contaminated soils, they absorb Cd, which can lead to serious health risks for animals and humans due to its high mobility in polluted environments [4]. Cd toxicity affects multiple organs in the human body, with the kidneys being the primary site of accumulation, leading to severe conditions such as emphysema, damage to renal tubules, and kidney stones [5]. Because Cd can replace calcium (Ca) in minerals, due to their similar ionic radius, charge, and chemical behavior [6], it is easily absorbed by the human body and accumulates in various organs at high concentrations.

Chlorosis and stunted growth are common signs of cadmium (Cd) toxicity in plants [7]. Increased levels of toxicity hinder plant development and cause necrosis. Cadmium's harmful effects on plants involve the disruption of carbon fixation, a decrease in chlorophyll levels, and reduced photosynthetic efficiency [8]. Exposure to Cd in soil induces osmotic stress, lowering the relative water content in leaves, as well as reducing stomatal conductance and transpiration, which results in physiological harm to the plants [9].

Cd is a relatively mobile heavy metal, and plant roots are highly efficient at absorbing and transporting it to the aboveground parts [10]. Even at low concentrations, Cd can interfere with plant metabolism, leading to phytotoxicity and potentially plant death. However, certain Cd-accumulating plants can tolerate higher Cd levels and store it in their tissues without exhibiting toxicity symptoms [11, 12].

Cd typically exists as Cd²⁺ in soil and is considered its most toxic form. The uptake of Cd by plant shoots is mainly determined by how Cd is absorbed through the roots, stored in vacuoles, and transported via the xylem and phloem. The plant's above-ground parts generally contain lower concentrations of Cd than the below-ground parts, meaning that the roots accumulate the highest levels of Cd, with smaller amounts transferred to the xylem and seeds. The higher mobility of Cd is facilitated by the roots, which absorb it from the soil and transport it to the xylem through either apoplastic or symplastic routes, or by binding it to organic acids or phytochelatins.

Soil contamination with cadmium not only impacts soil fertility [13], but also disrupts microbial and enzymatic functions. Additionally, significant amounts of cadmium can accumulate in crops or plants, presenting a major health hazard [14].

Soil enzymes are the most active components of the soil ecosystem and play a crucial role in the cycling of soil materials and energy [15]. The presence of heavy metals in the soil can influence the activity of these enzymes. Changes in enzyme activity can reflect important ecological processes within the soil, and the level of this activity can serve as an indicator for assessing the ecological safety of heavy metals in the soil [16, 17]. Studies have shown that increasing concentrations of cadmium lead to a decrease in the activity of soil dehydrogenase, catalase, protease, and urease [18, 19].

Phytoremediation is a method of cleaning contaminated soils that uses specific plant species to absorb and accumulate heavy metals, helping to restore the polluted soil [20]. This process is gaining popularity due to its cost-effectiveness, simplicity, and eco-friendly nature [21].

In this study, we selected carrot (*Daucus carota L.*) as a model root vegetable to examine how realistic levels of soil Cd contamination affect Cd accumulation, absorption, and the distribution of essential mineral nutrients.

Vegetables are highly susceptible to heavy metals, which can accumulate in their roots, stems, and leaves [22]. The carrot (*Daucus carota L.*), a key vegetable with a cultivation history of over 1000 years and widespread popularity, is predominantly grown in Europe and Asia today [23]. Research has revealed concerning levels of cadmium (Cd) in the roots of carrots (*Daucus carota L.*) cultivated in contaminated soils [24]. This study investigated how carrots (*Daucus carota L.*) developed in soil contaminated with cadmium compared to those grown in uncontaminated soil. The research specifically aimed to explore the physiological and metabolic changes in carrots (*Daucus carota L.*) exposed to Cd from seed planting to the point of consumer maturity, in comparison with the control group.

Organic fertilizers, such as vermicompost, are widely recognized for their ability to improve soil structure and fertility by supplying vital nutrients and boosting the microbial activity in the soil [25]. The application of organic fertilizers is a widespread practice globally to enhance soil nutrition, leading to increased crop productivity [26]. Vermicompost has long been utilized both as a nutrient source and a soil enhancer to promote the growth and yield of agricultural crops [27].

The incorporation of vermicompost into soil improves natural processes like sedimentation, complexation, adsorption, and absorption, which helps decrease the bioavailability of pollutants [28]. Additionally, vermicompost promotes plant growth in contaminated soil by binding pollutants, boosting nutrient levels, and stimulating the local microbial community [29].

The aim of this study is to assess the impact of phytoremediation and the application of vermicompost on the restoration of soil fertility and enzymatic activity in soil contaminated with cadmium.

Objects and Methods of Research.

The objects of the study were the soil of the Turkestan region, vermicompost made from agricultural waste, and the carrot culture (*Daucus carota L.*) used as a phytoremediator. The chemical analysis of soil composition was conducted using voltammetric, qualitative, and quantitative methods of analysis.

Experimental work was carried out using the box method (Figure 1). Soil and soil with vermicompost contamination with cadmium (Cd) was artificially carried out by adding cadmium acetate ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) at maximum allowable concentration (MAC): 0,5 MAC (0,25 mg/kg of soil), 2,5 MAC (1,25 mg/kg of soil), 5,0 MAC (2,5 mg/kg of soil), and 10,0 MAC (5,0 mg/kg of soil) (based on cadmium ions in the soil). Acetic acid salts were chosen for modeling soil contamination due to their good solubility and ability to quickly and completely interact with the soil mass. After the addition of cadmium, the soil and soil with vermicompost were incubated in plastic containers for 21 days at a temperature of $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Control experiments used original soils without the addition of cadmium and with the addition of vermicompost, but no cadmium was present. Carrots (*Daucus carota L.*) were planted in the artificially contaminated boxes.

The growth and development phases of carrots (*Daucus carota L.*) are shown in the following Figure 1.



Figure 1 – Growth and development phases of carrot (*Daucus carota L.*)

After the end of the growing season, green shoots and root crops of *Daucus carota L.* were collected, along with soil samples. These samples were then dried under laboratory conditions, followed by analytical testing.

The total cadmium content in the soil and carrot (*Daucus carota L.*) was determined using the voltammetric method on the "TA-Lab" instrument, nitrogen content was measured by the titrimetric method, the mobile form of phosphorus in the soil was determined using the Machigin method, humus content was analyzed by the Tyurin method, and the quantity of exchangeable bases was measured using the Kappen-Gilkovich method.

The humus content in the soil is approximately 1.1%, total nitrogen is around 0.16%, mobile phosphorus ranges from 10.8 to 25.3 mg/kg, and the total exchangeable bases content is between 22.1 and 25.4 mg-equiv/100 g. Soils in the Turkestan region are characterized by low humus content and moisture levels, indicating insufficient water for plant growth. The soil color in the region is gray or gray-brown.

Methods for determining the enzymatic activity of soils and plants. The activity of oxidation-reduction enzymes (catalase, dehydrogenase) and hydrolytic enzymes (urease, protease) was analyzed in the soil. Enzyme activity was measured in triplicate, with an average sample used for the analysis [30].

Catalase activity in soils and plants was measured using the gasometric method developed by A.sh. Galstyan, which involves determining the volume of O_2 released during the breakdown of hydrogen peroxide. The catalase enzyme activity was expressed as the volume of O_2 released in one minute per gram of soil or plant [30].

Urease activity was measured using the method developed by I.N. Romeyko and S.M. Malinskaya, which involves determining the amount of ammonia produced during urea hydrolysis. In this procedure, the Nessler reagent is employed, which forms a colored complex with ammonia. The concentration of ammonia is then measured using the «Concentration photovoltaic photometer» (KPP-3-«ZOMZ») produced in Russia by JSC «ZOMZ», equipped with a blue light filter at a wavelength of 400 nm. The photometer uses a cuvette with a 10 mm path length, and the permissible basic absolute error for the wavelength is ± 3 nm. Urease activity is reported as $\text{mg NH}_4^+ \cdot \text{g}^{-1}$ of soil 24h^{-1} [30].

To measure *dehydrogenase* activity, colorless tetrazolium salts, specifically 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC), were used as hydrogen acceptors, which are reduced to red formazan compounds (triphenylformazan – TPF). The dehydrogenase activity based on TPF formation was assessed using A.Sh. Galstyan's spectrophotometric method, with a green light filter in the range of 500-560 nm and a 10 mm cuvette. The activity was reported in milliliters of triphenylformazan (TPF) per 10 grams of soil after 24 hours [31].

Proteases (also known as peptidases) are enzymes that catalyze the hydrolysis of peptide bonds (CO-NH) in proteins or peptides, breaking them down into smaller peptides or free amino acids. The activity of proteases was measured using A.Sh. Galstyan's method and is expressed as milligrams of glycine per gram of soil over a 24-hour period [32].

Results and Discussion

The cadmium (Cd) translocation rates in the green shoots and roots of *Daucus carota L.* in the soil system are presented in Table 1.

Table 1 – Cadmium (Cd) translocation in the green shoots and roots of *Daucus carota L.*

Cadmium (Cd) concentration, MAC	Translocation of Cd in carrot (<i>Daucus carota L.</i>), mg/kg			
	Green shoots		Root crops	
	Soil	Soil + Vermicompost	Soil	Soil + Vermicompost
0	$0,0042 \pm 0,0012$	$0,0030 \pm 0,0010$	$0,0063 \pm 0,0021$	$0,0057 \pm 0,0016$
0,5	$0,0089 \pm 0,0016$	$0,0066 \pm 0,0014$	$0,049 \pm 0,0024$	$0,025 \pm 0,0019$
2,5	$0,0163 \pm 0,0026$	$0,0112 \pm 0,0022$	$0,192 \pm 0,0032$	$0,119 \pm 0,0026$
5,0	$0,0544 \pm 0,0030$	$0,0461 \pm 0,0036$	$0,350 \pm 0,0037$	$0,206 \pm 0,0035$
10,0	$0,125 \pm 0,0033$	$0,0893 \pm 0,0041$	$0,667 \pm 0,0045$	$0,441 \pm 0,0047$

The results of the study on cadmium (Cd) translocation in carrots (*Daucus carota L.*) when used as a phytoremediator for soil decontamination showed that carrots are capable of accumulating cadmium in their tissues, particularly in the roots, when the soil is contaminated with this metal. In the control soil, where the cadmium level was minimal, the concentration in the green shoots was 0.0042 mg/kg, and in the roots – 0.0063 mg/kg. This indicates a minimal accumulation of cadmium in the plant at low levels of contamination.

When the cadmium concentration in the soil is increased to 0.5 MAC, *Daucus carota L.* begins to actively accumulate cadmium, especially in the root crops, where the concentration reaches 0.049 mg/kg. The highest cadmium translocation was recorded at a cadmium concentration of 10.0 MAC in the soil, with the concentration in the root crops reaching 0.667 mg/kg, indicating the plant's high capacity to accumulate cadmium under severe contamination.

The addition of vermicompost to the soil helped reduce cadmium accumulation in *Daucus carota L.* For instance, at a contamination level of 0.5 MAC, the cadmium concentration in the green shoots was 0.0066 mg/kg, and in the root crops – 0.025 mg/kg, both lower than in the soil without vermicompost. At a higher contamination level (10.0 MAC), the addition of vermicompost also contributed to a reduction in the cadmium content in the root crops – down to 0.441 mg/kg compared to 0.667 mg/kg in the soil without vermicompost.

Thus, *Daucus carota L.* demonstrated a significant ability to accumulate cadmium in the root crops, making it a promising phytoremediator. At the same time, the addition of vermicompost to the soil reduces cadmium accumulation, which may be related to the improvement of soil structure and its ability to neutralize toxic substances.

The influence of phytoremediation on catalase activity in cadmium-contaminated soil.

The presented data reflect the influence of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) as a phytoremediator on catalase activity in cadmium-contaminated soils (Figure 2). Two options are considered for analysis: control soil and soil supplemented with vermicompost (VC).

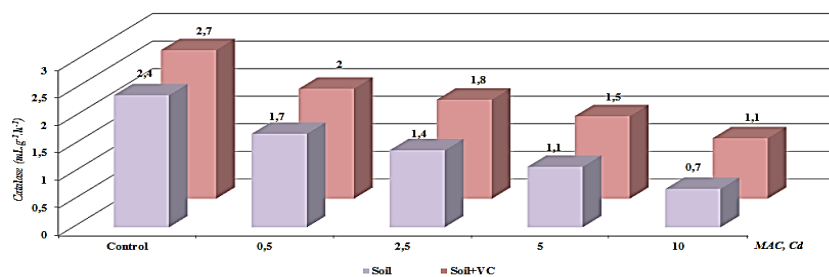


Figure 2 – Effect of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) on catalase enzymatic activity in soils contaminated with different concentrations of Cd

In the control soil, which is not contaminated with cadmium, the catalase activity is $2.4 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, serving as the baseline for further comparison. In the soil with vermicompost, the catalase activity is slightly elevated at $2.7 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, indicating a stimulating effect of vermicompost, which supports the activity of antioxidant enzymes such as catalase.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 0.5 MAC, the catalase activity in the control soil decreases to $1.7 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, which indicates that low concentrations of cadmium begin to inhibit catalase activity, though the effect is not yet strong. In soil with vermicompost, the catalase activity remains slightly higher – $2.1 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ – confirming that vermicompost helps maintain a higher level of catalase activity even at low cadmium doses, partially mitigating the toxic effects.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 2.5 MAC, catalase activity in the control soil decreases to $1.4 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, indicating a more pronounced suppression of enzymatic activity. In soil with vermicompost, the catalase activity is $1.8 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, which further confirms that the addition of vermicompost continues to have a positive effect, maintaining higher levels of catalase activity compared to the control soil under moderate contamination.

At higher concentrations of cadmium (5 and 10 MAC), catalase activity in the control soil significantly decreases. At 5 MAC Cd, it is $1.1 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, and at 10 MAC – $0.7 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, which confirms the strong inhibitory effect of cadmium on the activity of antioxidant enzymes. In soil with vermicompost, catalase activity also decreases but remains higher than in the control soil: $1.5 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ at 5 MAC and $1.1 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ at 10 MAC. This indicates that vermicompost helps maintain catalase activity, alleviating the toxic effects of cadmium, though the effectiveness of this effect decreases with the increasing concentration of cadmium.

The results demonstrate that phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) combined with vermicompost addition positively affects catalase activity in cadmium-contaminated soils. The addition of vermicompost helps maintain higher levels of catalase activity, indicating the ability of vermicompost to reduce the toxic effects of cadmium and improve conditions for microorganisms involved in antioxidant defense.

The influence of phytoremediation on urease activity in cadmium-contaminated soil.

The data represent the impact of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) as a phytoremediator on urease activity in soils contaminated with cadmium. Two options are presented for analysis: control soil and soil supplemented with vermicompost (Figure 3).

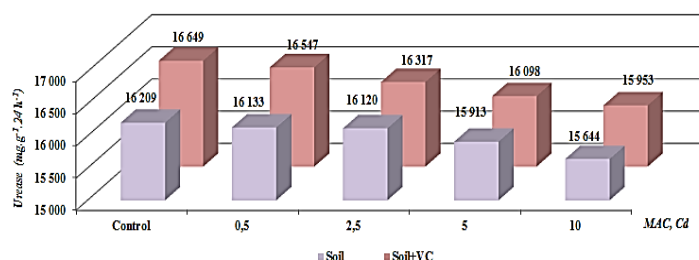


Figure 3 – Effect of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) on urease enzymatic activity in soils contaminated with different concentrations of Cd

In the control soil without cadmium contamination, urease activity is $16.209 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This is the baseline level of urease activity for further comparison. In the soil with vermicompost, urease activity is slightly higher at $16.649 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating a positive effect of vermicompost on enzyme activity, stimulating microorganisms involved in the nitrogen cycle.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 0.5 MAC, urease activity in the control soil decreases to $16.133 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating a slight impact of low cadmium concentration on urease activity. In the soil with vermicompost, the activity remains similar at $16.547 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, suggesting that at low cadmium concentrations, vermicompost does not have a significant impact on urease activity, maintaining it at a level close to the control.

When the cadmium concentration is increased to 2.5 MAC, the urease activity in the control soil decreases to $16.120 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating moderate inhibition of enzyme activity associated with contamination. In the soil with vermicompost, the urease activity slightly decreases to $16.317 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, suggesting a protective effect of vermicompost, which helps maintain a higher urease activity in the soil under moderate cadmium contamination.

At higher cadmium concentrations (5 MAC and 10 MAC), urease activity in the control soil significantly decreases. At 5 MAC Cd, it is $15.913 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, and at 10 MAC – $15.644 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This confirms that increasing cadmium concentration exerts an inhibitory effect on enzyme activity, reducing urease activity levels. In the soil with vermicompost, urease activity also decreases, but remains at a higher level compared to the control soil: $16.098 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 5 MAC and $15.953 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 10 MAC. This indicates that vermicompost helps maintain higher urease activity, mitigating the toxic impact of cadmium on soil microorganisms.

The results show that phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) in combination with vermicompost addition has a positive effect on urease activity in soils contaminated with cadmium. Despite the decrease in urease activity due to cadmium contamination, the addition of vermicompost helps maintain higher levels of this enzyme activity, especially at higher cadmium concentrations (5 and 10 MAC). This confirms that vermicompost contributes to alleviating the toxic effects of cadmium, improving conditions for microorganisms involved in the nitrogen cycle.

The influence of phytoremediation on dehydrogenase activity in cadmium-contaminated soil.

The data presented in Figure 4 reflect the impact of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) as the phytoremediator on dehydrogenase activity in soil contaminated with cadmium. In combination with vermicompost, which helps improve conditions for microorganisms, the phytoremediator aids in restoring soil activity, even in the presence of pollutants.

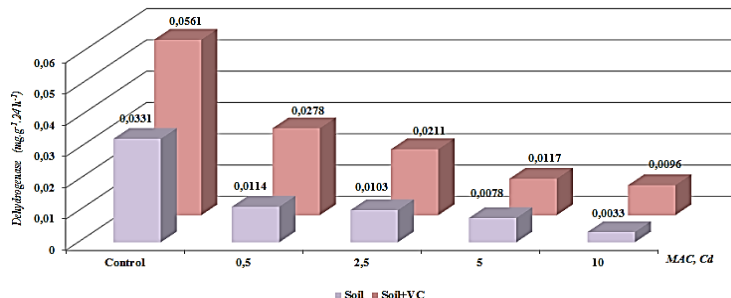


Figure 4 – Effect of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) on dehydrogenase enzymatic activity in soils contaminated with different concentrations of Cd

In the control soil, which is not contaminated with cadmium, the dehydrogenase activity is $0.0331 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, which is considered normal for healthy soil. In soil supplemented with vermicompost, the enzyme activity increases to $0.0561 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating a positive effect of vermicompost that stimulates microbial activity.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 0.5 MAC, the dehydrogenase activity in the control soil decreases to $0.0114 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, confirming the toxic impact of cadmium on microbial processes in the soil. In the soil with vermicompost, the activity remains higher at $0.0278 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating that the addition of vermicompost combined with phytoremediation (using carrots) helps maintain a higher enzyme activity despite the presence of cadmium.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 2.5 MAC, the dehydrogenase activity in the control soil decreases to $0.0103 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. In the soil with vermicompost, the activity remains at a higher level of $0.0211 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, which confirms the ability of phytoremediation and vermicompost to maintain higher microbial activity even at higher cadmium concentrations.

At higher cadmium concentrations (5 MAC and 10 MAC), dehydrogenase activity in the control soil significantly decreases: to $0.0078 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 5 MAC and to $0.0033 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 10 MAC. This indicates a substantial toxic effect of cadmium, which suppresses the activity of soil microorganisms. In the soil with vermicompost, the enzyme activity remains higher: $0.0117 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 5 MAC and $0.0096 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 10 MAC. This demonstrates that the phytoremediator (*Daucus carota L.*) in combination with vermicompost can partially mitigate the toxic effects of cadmium, maintaining higher dehydrogenase activity compared to the control soil.

The results show that phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) in combination with the addition of vermicompost has a positive effect on dehydrogenase activity in soils contaminated with cadmium. Vermicompost helps maintain microbial activity, while carrot (*Daucus carota L.*) contributes to reducing cadmium concentration in the soil, partially restoring enzymatic activity.

The influence of phytoremediation on protease activity in cadmium-contaminated soil.

The presented data illustrate the impact of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) as a phytoremediator on protease activity in soils contaminated with cadmium. Two variants are considered for analysis: control soil and soil supplemented with vermicompost (Figure 5).

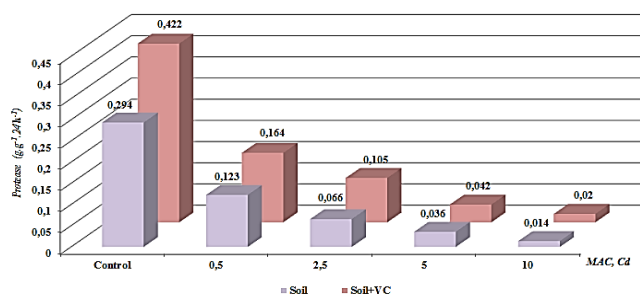


Figure 5 – Effect of phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) on protease enzymatic activity in soils contaminated with different concentrations of Cd

In the control soil, protease activity is $0.294 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, which serves as the baseline for comparison. In the soil with vermicompost, protease activity increases to $0.422 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, indicating a positive effect of vermicompost, which stimulates microbial activity and protease activity in the soil.

When the soil is contaminated with cadmium at a concentration of 0.5 MAC, protease activity decreases to $0.123 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This suggests the toxicity of cadmium to soil microorganisms, leading to a reduction in protease activity. In the soil with vermicompost, protease activity remains somewhat higher – $0.164 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This indicates that the addition of vermicompost helps partially mitigate the negative effects of cadmium and maintain enzyme activity.

At a cadmium concentration of 2.5 MAC, the protease activity in the control soil decreases to $0.066 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This confirms that the increased cadmium concentration significantly inhibits microbiological processes in the soil. In soil with vermicompost, the protease activity remains at a higher level – $0.105 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This again demonstrates that vermicompost helps maintain enzyme activity despite soil contamination.

At higher cadmium concentrations (5 and 10 MAC), protease activity in the control soil significantly decreases. At 5 MAC Cd, it is $0.036 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$, and at 10 MAC, it drops to $0.014 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. This indicates the high toxicity of cadmium, which has a suppressive effect on microorganism activity. In soil with vermicompost, protease activity also decreases but remains higher than in the control soil: $0.042 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 5 MAC and $0.020 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ at 10 MAC. This confirms that vermicompost partially mitigates the toxic impact of cadmium, maintaining higher protease activity compared to contaminated soil without additives.

The results show that phytoremediation using carrot (*Daucus carota L.*) in combination with vermicompost addition positively affects protease activity in soils contaminated with cadmium. Vermicompost helps alleviate the toxic effects of cadmium, supporting higher protease activity in the soil. At low and medium cadmium concentrations (0.5 and 2.5 MAC), protease activity remains relatively high, indicating a partial recovery of enzymatic activity due to phytoremediation and improved soil conditions.

Conclusion

The research has shown that the addition of vermicompost to the soil significantly reduces the accumulation of cadmium in *Daucus carota L.*, both in the aerial and underground parts of the plant.

Vermicompost acts as a blocking material, reducing the translocation of cadmium from the soil into the plants. This occurs due to the formation of insoluble complex compounds with cadmium, which convert it into less mobile forms, thereby reducing its availability for absorption by the plants. As a result, the cadmium contamination level in *Daucus carota L.* is significantly reduced, especially at high soil contamination levels (5.0, 10.0 MAC). These findings confirm that vermicompost can be an effective tool for reducing heavy metal contamination in plants, such as cadmium, and may be used in phytostabilization technologies and the reclamation of contaminated lands.

The results of the study showed that *Daucus carota L.*, grown in cadmium-contaminated soil, has a high ability to accumulate cadmium. It has been proven that *Daucus carota L.* can be used as a phytoremediator for soil decontamination from heavy metals.

References

1. Clemens S. Safer food through plant science: reducing toxic element accumulation in crops / S. Clemens // Journal of Experimental Botany. – 2019. – V. 70, Iss. 20. – P. 5537-5557. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz366>.
2. Effect of cadmium accumulation on mineral nutrient levels in vegetable crops: potential implications for human health / D. Yang et al // Environ Sci Pollut Res Int. – 2016. – V. 23(19). – P. 19744-53. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7186-z>.
3. Chellaiah E.R. Cadmium (heavy metals) bioremediation by *Pseudomonas aeruginosa*: a mini-review / E.R. Chellaiah // Appl. Water Sci. – 2018. – V. 8, 154. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0796-5>.
4. Modeling and evaluation of urban pollution events of atmospheric heavy metals from a large Cu-smelter / B. Chen et al // Sci. Total Environ. – 2016. – V. 539. – P. 17-25.
5. Agricultural Strategies to Reduce Cadmium Accumulation in Crops for Food Safety / S. Mubeen et al // Agriculture. – 2023. – V. 13, № 471. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020471>.
6. Kubier A. Cadmium in soils and groundwater: a review / A. Kubier, R.T. Wilkin, T. Pichler // Appl. Geochem. – 2019. – V. 108, 104388. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104388>.
7. Jali P. Effects of cadmium toxicity in plants: a review article / P. Jali, C. Pradhan, A.B. Das // Sch. Acad. J. Biosci. – 2016. – V. 4. – P. 1074-1081. <https://doi.org/10.21276/sajb.2016.4.12.3>.
8. Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: insight into regulatory mechanisms / S.M. Gallego et al // Environ. Exp. Bot. – 2012. – V. 83. P. 33-46.
9. Cadmium minimization in wheat: a critical review / M. Rizwan et al // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2016. – V. 130. – P. 43-53.
10. Bioaccumulation and Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Soil-Rice System in a Typical Seleniferous Area in Central China / C. Chang et al // Environ Toxicol Chem. – 2019. – V. 38(7). – P. 1577-1584. <https://doi.org/10.1002/etc.4443>. PMID: 30994945.
11. Phylogenetic variation in heavy metal accumulation in angiosperms / M.R. Broadley et al // New Phytol. – 2001. – V. 152(1). P. – 9-27. <https://doi.org/10.1046/j.0028-646x.2001.00238.x>.
12. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning / S. Clemens et al // Trends Plant Sci. – 2013. – V. 18(2). – P. 92-9. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.08.003>.
13. Effect of bovine bone meal on immobilization remediation and fertility of Cd contaminated soil / Y. Ji et al // Acta Sci. Circumstantiae. – 2019. – V. 39. – P. 1645-1654.
14. Soo H. Removal of heavy metals in contaminated soil by phytoremediation mechanism: A review. / H. Soo, H. Tony // Water Air Soil Pollut. – 2020. – V. 231. – P. 2638-2647.
15. Heavy metal concentration, potential ecological risk assessment and enzyme activity in soils affected by a lead-zinc tailing spill in Guangxi / K. Liu et al // China. Chemosphere. – 2020. – V. 251. – P. 126415.
16. *Trifolium repens L.* regulated phytoremediation of heavy metal contaminated soil by promoting soil enzyme activities and beneficial rhizosphere associated microorganisms / H. Lin et al // J. Hazard. Mater. – 2021. – V. 402. – P. 123829.
17. The role of urban park's tree stand in shaping the enzymatic activity, glomalin content and physicochemical properties of soil / J. Lemanowicz et al // Sci. Total Environ. – 2020. – V. 741. – P. 140446.
18. Effects of exogenous Cd on microbial biomass and enzyme activity in red paddy soil / B. Guo et al // J. Agro-Environ. Sci. – 2018. – V. 37. – P. 1850-1855.
19. Effects of oxalic acid on oil sunflower biomass, enzyme activity, and the Cd speciation of Cd-polluted soils / Y. Han et al // J. Agro-Environ. Sci. – 2020. – V. 39. – P. 1964-1973.

20. Guo X. Repairation of Five Species of Herbaceous Plants to Lead (Pb) Pollution in Mining Soil / X. Guo // Shanxi Normal University: Linfen, China, 2015.
21. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability / L. Liu et al // Sci. Total Environ. – 2018. – V. 633. – P. 206-219.
22. Effects of cadmium and copper mixtures to carrot and pakchoi under greenhouse cultivation condition / S. Hou et al // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2018. – V. 159. – P. 172-181.
23. Root vegetables-Composition, health effects, and contaminants / E. Knez et al // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2022. – V. 19. – P. 15531.
24. Roy M. Metal uptake in plants and health risk assessments in metal-contaminated smelter soils / M. Roy, L.M. McDonald // Land Degrad. Dev. – 2015. – V. 26. – P. 785-792.
25. Land application of organic waste effects on the soil ecosystem / M. Oldare et al // J. Appl Energy. – 2011. – V. 88. – P. 2210-2218.
26. Muhammad S. Compost and P amendments for stimulating microorganisms and maize growth in a saline soil from Pakistan in comparison with a nonsaline soil from Germany / S. Muhammad, T. Muñler, R.G. Joergensen // J Plant Nutr Soil Sci. – 2007. – V. 170. – P. 745-751.
27. Use of compost an environment friendly technology for enhancing rice wheat production in Pakistan / G. Sarwar et al // Pak J Bot. – 2007. – V. 39. – P. 1553-1558.
28. Amend ments and plant cover influence on trace element pools in a contaminated soil / A. Pe´rez-de-Mora et al // Geoderma. – 2007. – V. 139. – P. 1-10.
29. Direct and secondary effect of liming and organic fertilization on cadmium content in soil and in vegetables / A. Zaniewicz-Bajkowska et al // Plant Soil Environ. – 2007. – V. 53. – P. 473-481.
30. The Influence of Vermicompost and Various Concentrations of Lead on the Enzymatic Activity of Sierozem Soils of Kazakhstan / G.A. Sainova et al // Scientifica (Cairo). – 2023. – P. 8490234. <https://doi.org/10.1155/2023/8490234>.
31. Yuldashbek D.Kh. The effect of zinc on the activity of the enzyme dehydrogenase in sierozem / D.Kh. Yuldashbek. // Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences, 2024. – № 1(13). – P. 393-400. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-48](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-48).
32. Khaziev F.H. Methods of Soil Enzymology / F.H. Khaziev. – M.: Science, London, UK, 2005.

Д.Х. Юлдашбек*, Д.К. Сунакбаева

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
161200, Қазақстан Республикасы, Түркістан, Саттарханов даңғылы, 29/3

*e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯНЫҢ КАДМИЙМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУГЕ ЖӘНЕ ФЕРМЕНТАТИВТІ БЕЛСЕНДІЛІККЕ ӘСЕРІ

Бұл зерттеу жұмысы сәбіз (Daucus carota L.) дақылы мен вермикомпостты қолдана отырып, кадмиймен ластанған топырақтың фиторемедиациялық қабілетін анықтауға арналған. Жұмыста топырақтың ластануын модельдеу және кадмийдің өсімдіктерге транслокациялануын анықтау әдістері, сондай-ақ фиторемедиацияның каталаза, уреаза, дегидрогеназа және протеаза сияқты топырақ ферменттерінің белсенділігіне әсері қарастырылған. Тәжірибелік жұмыстар көрсеткендей, Daucus carota L. кадмийді тамыр дақылдарында, әсіресе ластанудың жоғары концентрациясы кезінде тиімді жинақтайды. Вермикомпостты топыраққа енгізу өсімдікте кадмийдің жиналу дәрежесін азайтуға көмектеседі, бұл топырақ құрылымының жақсаруына және оның улы заттарды бейтараптандыру қабілетіне байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, вермикомпостты топыраққа қосу кадмийдің микроорганизмдер мен топырақ экожүйесіне уыттылық әсерін азайту арқылы топырақ ферменттерінің белсенділік деңгейін бір қалыпты сақтап қалуға көмектеседі. Зерттеу нәтижелері бойынша сәбіздің (Daucus carota L.) фиторемедиант ретінде вермикомпостпен бірге топырақты ластаушы заттардан (Cd) тазарту және оның биологиялық белсенділігін қалпына келтіру үшін қолдануға болатындығын растайды.

Түйін сөздер: топырақ, кадмиймен ластану, ферментативті белсенділік, вермикомпост, фиторемедиация, сәбіз (Daucus carota L.).

Д.Х. Юлдашбек*, Д.К. Сунакбаева

¹Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,
161200, Республика Казахстан, Туркестан, проспект Саттарханова, 29/3

*e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz

ВЛИЯНИЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ КАДМИЕМ

Данное исследование посвящено изучению фиторемедиации почвы, загрязненной кадмием, с использованием культуры моркови (*Daucus carota* L.) и вермикомпоста. В работе представлены методы моделирования загрязнения почвы и определения транслокации кадмия в растения, а также влияние фиторемедиации на активность почвенных ферментов, таких как каталаза, уреазы, дегидрогеназа и протеаза. Эксперимент показал, что *Daucus carota* L. эффективно накапливает кадмий в корнеплодах, особенно при высоких концентрациях загрязнения. Введение вермикомпоста в почву способствует снижению накопления кадмия в растении, что может быть связано с улучшением структуры почвы и её способности к нейтрализации токсичных веществ. Кроме того, добавление вермикомпоста помогает поддерживать более высокие уровни активности почвенных ферментов, смягчая токсическое воздействие кадмия на микроорганизмы и экосистему почвы. Результаты исследования подтверждают, что морковь (*Daucus carota* L.), как фиторемедиант, в сочетании с вермикомпостом может быть использована для очистки почвы от загрязняющих веществ (Cd) и восстановления её биологической активности.

Ключевые слова: почва, загрязнение кадмием, ферментативная активность, вермикомпост, фиторемедиация, морковь (*Daucus carota* L.).

Авторлар туралы мәліметтер

Давлат Хасанұлы Юлдашбек* – химия магистрі, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан; e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-7502>.

Дилара Кахаровна Сунакбаева – техника ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан; e-mail: dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1182-7113>.

Сведения об авторах:

Давлат Хасанұлы Юлдашбек* – магистр химии, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан; e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-7502>.

Дилара Кахаровна Сунакбаева – кандидат технических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан; e-mail: dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1182-7113>.

Information about the authors

Davlat Khasanuly Yuldashbek – Master of Chemistry, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan; e-mail: davlat.yuldashbek@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9342-7502>.

Dilara Kakharovna Sunakbaeva – candidate of technical sciences, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan; e-mail: dilara.sunakbayeva@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1182-7113>.

Received 03.02.2025

Revised 03.03.2025

Accepted 04.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-51](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-51)

МРНТИ: 31.21.01



И.О. Сапарғали¹, К.С. Бексеитова¹, У.Е. Жантیکеев¹, Н.Н. Нурғалиев^{2*}, С. Азат¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева 22

²Университет имени Шакарима города Семей, 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20

*e-mail: n.nurgaliyev@shakarim.kz

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ

Аннотация: Поступление вредных веществ в водную систему приводит к загрязнению воды. Загрязняющие вещества могут быть микроорганизмами, химическими добавками или пластиками. В настоящее время увеличение производства пластиковых изделий составляет 80% отходов в мировом океане. Микропластики различаются по цвету и плотности в зависимости от типа полимера и делятся на первичные и вторичные по происхождению. Около 54,5% микропластиков, найденных в океане, состоят из полиэтилена, а 16,5% – из полипропилена;

остальные образованы поливинилхлоридом, полистиролом, полиэстером и полиамидами. Полиэтилен и полипропилен, имея плотность ниже, чем у морской воды, плавают на поверхности, влияя на верхние слои океана, тогда как материалы с высокой плотностью оседают на дно моря.

В данном исследовании в лабораторных условиях был подготовлен микропластик из полипропилена. Эксперимент проводился с двумя типами адсорбентов: природным цеолитом, полученным из месторождения Шанханай, и активированным углем, полученным из скорлупы грецкого ореха. В процессе работы были определены сорбционные свойства адсорбентов с помощью формирования колонн. Проведя анализ морфологических и поверхностных структур, микропластик, изготовленный из полипропилена, был окрашен и обработан холодной плазменной установкой, после чего было проведено исследование с использованием оптического микроскопа.

Ключевые слова: установка холодной плазмы, полипропилен, микропластик, природный цеолит, активированный уголь.

1. ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные экосистемы, включая реки, озера и источники подземных вод, являются ценными ресурсами, необходимыми для поддержания жизни на Земле. Микропластик, который ранее считался в первую очередь морской проблемой, теперь признан серьезным загрязнителем, попадающим в пресноводные водоемы по всему миру. Его источники разнообразны и тесно связаны с фрагментацией крупных пластиковых отходов и производственными процессами. Вопросы, касающиеся долгосрочного сохранения микропластика в окружающей среде, его переноса, воздействия на водную флору и фауну, а также последствий для здоровья человека, становятся все более актуальными.

Эта отрасль начала бурно развиваться с 1940-х годов, когда началось массовое производство пластмасс. К сожалению, помимо удобства и практичности, которые нам предлагают пластиковые изделия, существуют и негативные эффекты, такие как загрязнение биосферы микропластиком [1]. За последние три десятилетия мировое производство пластика почти утроилось и, по прогнозам, к 2050 году достигнет 33 миллиардов тонн [2-4]. Несмотря на растущую осведомленность о загрязнении окружающей среды пластиком и принятие мер по его сокращению, ежегодное производство пластика продолжает расти. Исследования [5] показывают, что обрабатывающая промышленность ежегодно производит более 280 миллионов тонн пластиковых отходов [6].

Пластмассы – это синтетические полимеры, которые по своей природе являются гибкими (мягкими) и могут принимать различные формы [8]. Пластики состоят из длинных полимерных цепей, в состав которых входят углерод, кислород, водород, кремний и хлориды, которые получают из природного газа, нефти и угля [9]. Полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА), полипропилен (ПП), полиэстер (ПЭС), полиуретан (ПУ), акрил (АК), полистирол (ПС), полиэтилентерефталат (ПЭТ), поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полиимид (ПИ), полиметилметакрилат (ПММА), политетрафторэтилен (ПТФЭ) и полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) являются наиболее распространенными синтетическими полимерами, на долю которых приходится 90% мирового производства пластика [10, 11].

Микропластик – это пластиковые частицы размером от миллиметров до нанометров, которые невидимы человеческому глазу. Микропластики делятся на две группы в зависимости от их происхождения: первичные и вторичные микропластики [14].

Основная группа микропластиков – это синтетические полимеры микроразмеров, которые попадают в окружающую среду непосредственно в виде мелких частиц. Используется в качестве отшелушивающего средства в химических составах, абразивных средах, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также в производстве синтетической одежды. Их можно по желанию добавлять в чистящие средства, средства гигиены и косметику (например, гели для душа).

Первичный микропластик может образовываться в результате износа крупных пластиковых изделий в процессе производства, использования или обслуживания. Например, шины изнашиваются во время вождения автомобиля, а синтетические ткани изнашиваются во время стирки (рис. 1). Микросферы – это разновидность первичного пластика, состоящая из гранул полиэтилена, полипропилена и полистирола (размером 2 мм), используемая в косметических и медицинских изделиях [15].

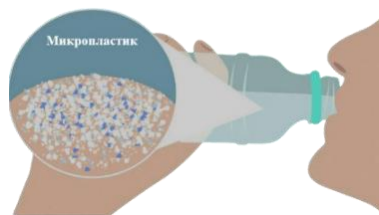


Рисунок 1 – Пути воздействия микропластика на человека [12].

Вторая группа, микропластик, представляет собой пластик, который образуется в результате распада более крупных пластиковых изделий на микроскопические пластиковые частицы в экосистеме океана. Эти изменения окружающей среды происходят в результате, например, микробного разложения, фотокатализа, высокотемпературного разложения, термического разложения, гидролиза и других процессов химической деградации, а также из-за случайной утилизации пластиковых пакетов или непредвиденных потерь, например, рыболовных снастей. В воде микропластик циркуляция или на закате будет [16].

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Получение микропластика в лабораторных условиях

Для получения микропластика в лабораторных условиях были взяты 6 центрифужных трубок общей массой 60,4 грамма. Центрифужные трубки были измельчены в механической ножевой мельнице (NO:ZL-2024) и высушены в сушильном шкафу при температуре 70°C в течение 6 часов. В течение суток микропластик был отсортирован по размерам с помощью лабораторного электрического сита, в результате, была выбрана фракция 105 мкм (рис. 2).



Рисунок 2 – Процесс извлечения микропластика

(а – центрифужные пробирки весом 60,47 грамма; б, в – механическая ножевая мельница, измельченный пластик; г – этап разделения по размерам с помощью электрического сита; д – микропластик размером 105 мкм)

2.2 Установка холодной плазмы

Данная установка (ТУ НИГП-2023 м, г. Киев, Украина) предназначена для очистки загрязненных вод плазмохимическим методом, а также применяется для приведения качества воды в соответствие с гигиеническими требованиями (ГСанПиН 2.2.4-171-10). Устройство направлено на улучшение качества потребления: отсутствие образования накипи, сбалансированное содержание солей, обеспечение физиологической полноценности. В состав конструкции входят реактор, электронный блок, высоковольтный блок и система фильтрации воды. При работе с образцом используют напряжение 10-30 кВ, ток 10-100 А, процесс длится 10 минут. Установка предназначена для очистки воды от токсичных соединений, стойких органических загрязнителей, тяжелых металлов, железа и взвесей, удаления хрома, привкусов и запахов, а также дезинфекции воды.

В настоящее время установки холодной плазмы имеются в трех местах, одно из которых находится в лаборатории инженерного профиля (ЛИП) КазНУТУ им. К.И. Сатпаева (рис. 3).

Активные молекулы, которые появляются в воде

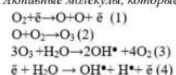


Рисунок 3 – Холодная плазма и реактор холодной плазмы

2.3 Подготовка адсорбентов

2.3.1 Природный цеолит

Природный цеолит, полученный из месторождения Шанханай в Кербулакском районе Жетысуской области, был измельчен до фракции 2-4 мм. Готовый цеолит промыт дистиллированной водой и высушен в сушильном шкафу при температуре 70°C в течение 14 часов (рис. 4).

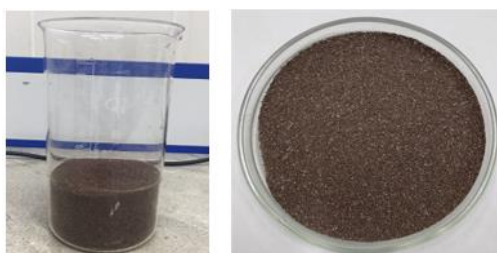


Рисунок 4 – Природный цеолит

2.3.2 Активированный уголь (АУ)

Сельскохозяйственное производство приводит к образованию большого количества твердых отходов, одним из которых является скорлупа грецких орехов. Данная оболочка была использована для получения пористого углеродного материала. Перед процессом карбонизации скорлупу грецкого ореха измельчили до гранул размером 2-4 мм. Измельченные грецкие орехи подвергаются термическому разложению в процессе карбонизации при температуре 300-850°C в течение 4 часов. В процессе газификации из исходного материала удаляются такие элементы, как кислород, водород, азот и сера. Инертный газ – скорость потока аргона 50 см³/мин.

Для полного формирования пористой структуры активацию проводили в соотношении 3:1 фосфорной кислоты (H₃PO₄). Затем для повышения сорбционной способности активированного угля его промывали 7-8 раз до достижения значения pH 7. В конце, материал сушили в сушильной печи при температуре 70°C в течение 12 часов (рис. 5).



Рисунок 5 – Процесс извлечения активированного угля из скорлупы грецкого ореха (а – скорлупа грецкого ореха до обугливания; б – активированный уголь после карбонизации)

2.4 Процесс проведения эксперимента

Для проведения сорбционной работы природного цеолита с активированным углем колонна извлекается в лабораторных условиях. Была взята стеклянная трубка длиной 20 см и внутренним диаметром 3 см. Сначала в колонку помещали 2 см природного цеолита и 4 см активированного угля. Колбу промыли 2 литрами дистиллированной воды.

2 грамма микропластика смешивали с дистиллированной водой и пропускали через установку холодной плазмы в течение 2,5 минуты и 5 минут. Для проверки сорбционных свойств адсорбентов через колонку пропускали воду, загрязненную микропластиком, прошедшую через холодную плазму. После полного слива воды из колонки активированный уголь и природный цеолит разделяли и сушили в сушильном шкафу при температуре 70°C в течение 6 часов (рис. 6).

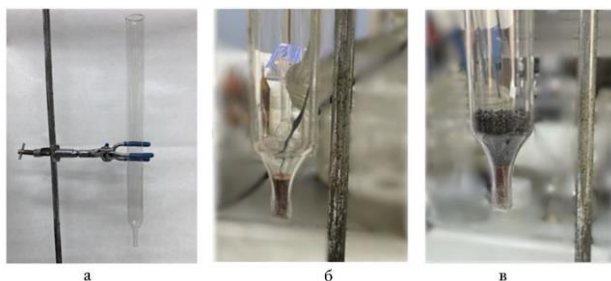


Рисунок 6 – Процесс проведения эксперимента (а – процесс создания колонны; б – природный цеолит; в – АУ)

2.5 Методика работы

2.5.1 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

Для изучения морфологии поверхности и структуры микрочастиц активированного угля и природного цеолита использовалась методика СЭМ, которая позволяет проводить детальный анализ формы и топографии частиц. Образцы, как до, так и после обработки холодной плазмой, были исследованы с использованием микроскопа Zeiss Evo 50 (Oxford Instruments, Кембридж, Великобритания). Это позволило детализировать изменения в структуре поверхности и выявить возможное образование микротрещин или других дефектов, вызванных плазменной обработкой.

2.5.2 Оптическая микроскопия

Для первичной оценки распределения размеров частиц и визуализации поверхности образцов активированного угля и природного цеолита использовалась оптическая микроскопия с увеличением до 100х. Это позволило выявить крупномасштабные изменения в морфологии частиц и оценить общий характер распределения фрагментов до проведения более детального анализа.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Результаты сканирующей электронной микроскопии (СЭМ)

Для наблюдения за морфологией и структурой поверхности адсорбентов в сформированной колонке образцы снимали с помощью сканирующей электронной микроскопии. Образцы были разделены на две части: до и после эксперимента (рис. 7).

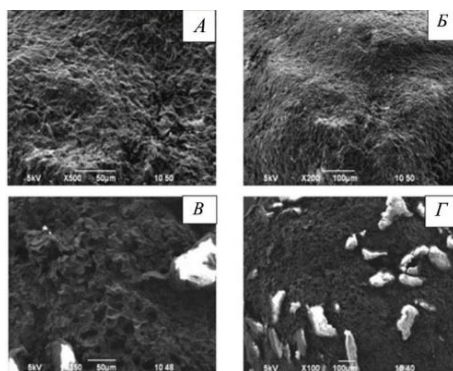


Рисунок 7 – Снимки СЭМ активированного угля (а – АУ, увеличение x500; б – АУ, увеличение x200; в – АУ с примесями микропластика, увеличение x350; г – АУ с примесями микропластика, увеличение x100)

На рисунке 7 видно, что морфологическая структура адсорбентов пористая. На рисунках А и Б показаны пустоты и поры, образующие сетчатую структуру, что свидетельствует о высокой степени активации активированного угля. Поры имеют сложную и разветвленную форму, что повышает сорбционные свойства материала. На рисунках В и Г

показана морфологическая структура поверхностного слоя активированного угля, сорбировавшего воду, загрязненную микропластиком. Данные сканирующей электронной микроскопии показали, что структура поверхности содержит небольшое количество микропластиковых частиц. Это свидетельствует о том, что активированный уголь, извлеченный из скорлупы грецкого ореха, осуществил процесс сорбции.

Видим (рис. 8), что поверхностные структуры природного цеолита однородны и пористы. Сканирующая электронная микроскопия показала, что на поверхности природного цеолита можно обнаружить небольшое количество микропластика. Поскольку активированный уголь находится в верхнем 4-сантиметровом слое данной сорбционной колонны, большая часть частиц микропластика сорбируется в поверхностный слой, тогда как частицы микропластика в меньшей фракции могут переходить в природный цеолит.

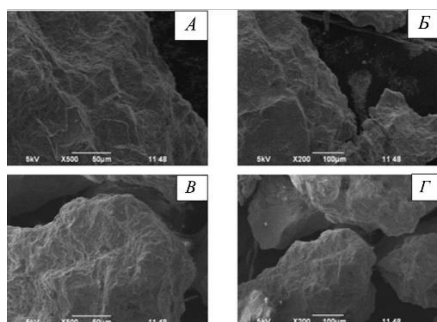


Рисунок 8 – Снимки СЭМ природного цеолита

(а – природного цеолита, увеличение x500; б – природного цеолита, увеличение x200; в – природный цеолит с примесями микропластика, увеличение x500; г – природный цеолит с примесями микропластика, увеличение x 200).

3.2 Результат оптического микроскопа

На представленных изображениях (рис. 9) показано воздействие устройства холодной плазмы на микропластиковые частицы при 10-кратном увеличении: в начальном состоянии, после 2,5 и 5 минут обработки. После первоначального взаимодействия микропластиковые частицы сохраняют свои гладкие края и выглядят целостными. Изменение их цвета может свидетельствовать о начале химических процессов или о наложении веществ, возникающих в результате воздействия плазмы. Форма частиц существенно не меняется, и наблюдаются частицы различного размера. После 2,5-минутного воздействия края частиц становятся зазубренными, а поверхности – неровными, что может указывать на протекание процесса разрушения материала. Изменение цвета свидетельствует об усилении химического воздействия плазмы. После 5-минутного воздействия частицы заметно разрушаются: их края становятся резкими и неровными, на поверхностях наблюдаются явные признаки разрушения. В результате распада крупных частиц появляются мелкие фрагменты. Неровное распределение цветов указывает на глубину химических изменений и частичное разрушение материала. Длительное воздействие холодной плазмы приводит к постепенному разрушению как физической, так и химической структуры микропластика.

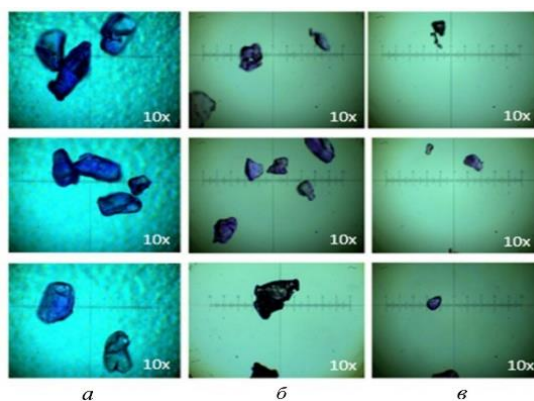


Рисунок 9 – Снимки оптического микроскопа активированного угля (а – первичный; б – результат через 2,5 минуты; в – результат через 5 минут)

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье были подготовлены адсорбенты для очистки воды, загрязненной микропластиком, в лабораторных условиях. Была создана специальная колонна. В колонну были построены адсорбенты как активированный уголь из скорлупы грецкого ореха и природный цеолит. Позже вода, загрязненный микропластиком, была перенесена из созданной колонны. Результаты сканирующего электронного микроскопа показали, что активированный уголь пористый и содержит частицы микропластика на своей поверхности. Видим, что природный цеолит однороден, его структура пористая. В природном цеолите показаны небольшие фракции микропластика.

Также использовали установку холодной плазмы для предварительной обработки микропластика. Результаты исследования оптической микроскопии показали, что холодная плазма вносит значительные изменения в структуру и внешний вид микропластика. В целом было обнаружено, что установка холодной плазмы оказывает глубокое воздействие на микропластика, повышая эффективность его разрушения.

Список литературы

1. Geyer R. Production, use, and fate of all plastics ever made / R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law // Science Advances. – 2017. – № 3(7).
2. Poole M.A. Plastic Europe, 2020. Plastics – the Facts 2020. Plastic Europe / M.A. Poole, P.N. O'Farrell // The assumptions of the linear regression model. Trans. Inst. Br. Geogr. – 1971. – № 52. – 145 p.
3. Lord R. Plastics and Sustainability: A Valuation of Environmental Benefits / R. Lord // Costs and Opportunities for Continuous Improvement. – 2020.
4. Garside M. Global Plastic Production / M. Garside. – 1950, 2018, 2020.
5. Sedlak D.L. Three lessons for the microplastics voyage / D.L. Sedlak // Environ. Sci. Technol. – 2017. – № 51 (14). – P. 7747–7748.
6. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris / N.B. Hartmann et al ; Hüffer T.; Thompson R.C.; Hassellöv M. // Environ. Sci. Technol. – 2019. – № 53 (3). – P. 1039-1047.
7. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling / J.N. Hahladakis et al // Journal of Hazardous Materials. – 2018. – № 344. – P. 179-199.
8. Horodytska O. Plastic waste management: current status and weaknesses / O. Horodytska, A. Cabanes, A. Fullana // Plastics in the Aquatic Environment – 2019. – Part I. – P. 289-306.
9. Eriksen M. Plastic Pollution in the World's Oceans More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea / M. Eriksen // PLOS ONE. – 2014.
10. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea / M. Eriksen et al // PLoS ONE. – 2014. – № 9(12). – e111913.
11. Duis K. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects / K. Duis, A. Coors // Environmental Sciences Europe. – 2016. – № 28(1).
12. Eerkes-Medrano D. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs / D. Eerkes-Medrano, R.C. Thompson, D.C. Aldridge // Water Research. – 2015. – № 75. – P. 63-82.
13. Hernandez L.M. Are There Nanoplastics in Your Personal Care Products? / L.M. Hernandez, N. Yousefi, N. Tufenkji // Environmental Science & Technology Letters. – 2017. – № 4(7). – P. 280-285.
14. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities / A.A. Horton et al // Science of the Total Environment. – 2017. – № 586. – P. 127-141.
15. Law K.L. Microplastics in the seas / K.L. Law, R.C. Thompson // Science. – 2014. – № 345(6193). – P. 144-145.
16. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects / Van Cauwenberghe et al // Marine Environmental Research. – 2015. – № 111. – P. 5-17.

Благодарность: Работа выполнена в рамках научного проекта ИРН AP23489574 «Модифицированная фильтрующая установка на основе активированного угля для эффективного удаления органических веществ и микропластика при медленной фильтрации повторно используемой воды» при финансировании КН МНВО.

И.О. Сапарғали¹, К.С. Бексейтова¹, У.Е. Жантیکеев¹, Н.Н. Нурғалиев², С. Азат¹

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,

050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Сәтпаев к-сі 22

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі 20

*e-mail:n.nurgaliyev@shakarim.kz

СУДАҒЫ МИКРОПЛАСТИКТЕРДІ СОРБЕНТТЕРДІҢ КӨМЕГІМЕН ТАЗАРТУДЫҢ КЕШЕНДІ ӘДІСІ

Су жүйесіне зиянды заттардың түсуі судың ластануына әкеледі. Ластануға себеп болатын заттар микроорганизмдер, химиялық қоспалар және пластиктер болуы мүмкін. Қазіргі уақытта пластикалық бұйымдар өндірісінің артуы әлемдік мұхиттағы қалдықтардың 80%-ын құрайды. Микропластиктер полимер түрлеріне байланысты түсі мен тығыздығы бойынша өзгешеленіп, шығу тегіне қарай бастапқы және екінші реттік болып бөлінеді. Мұхитта табылған микропластиктердің шамамен 54,5%-ы полиэтиленнен, ал 16,5%-ы полипропиленнен тұрады, ал қалғаны поливинилхлорид, полистирол, полиэстер және полиамидтерден құралады. Теңіз суына қарағанда тығыздығы төмен болғандықтан, полиэтилен мен полипропилен су бетінде қалқып жүріп, мұхиттың жоғарғы қабатына әсер етеді, ал тығыздығы жоғары материалдар теңіз түбіне шөгеді.

Бұл зерттеуде лабораториялық жағдайда полипропиленнен микропластик дайындалды. Адсорбенттердің екі түрімен тәжірибе жұмысы жасалды. Жетісу облысы Кербұлақ ауданы Шанханай кен орнынан алынған табиғи цеолит пен грек жаңғағының қабығынан алынған белсендірілген көмір қолданылды. Жұмыс барысында колона құру арқылы адсорбенттердің сорбциялық қасиеті анықталынды. Морфологиялық, беттік құрылымдарына талдау жұмыстарын жасай отырып, полипропиленнен дайындап алынған микропластикті бояп, суық плазма қондырғысынан өткізіп, оптикалық микроскоппен зерттеу жүргізілді.

Түйінді сөздер: *суық плазма қондырғысы, полипропилен, микропластик, табиғи цеолит, белсендірілген көмір*

I.O. Sapargali¹, K.S. Bexeitova¹, U.Ye. Zhantikeev¹, N.N. Nurgaliyev², S. Azat¹

¹Satbayev University,

050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, Satpayev street, 22

²Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinki street, 20

*e-mail: n.nurgaliyev@shakarim.kz

A COMPREHENSIVE METHOD FOR REMOVING MICROPLASTICS FROM WATER USING SORBENTS

The introduction of harmful substances into water systems leads to water pollution. Pollutants can include microorganisms, chemical additives, or plastics. Currently, the increase in plastic production accounts for 80% of waste in the world's oceans. Microplastics differ in color and density depending on the type of polymer and are categorized as primary and secondary based on their origin. Approximately 54.5% of microplastics found in the ocean are made of polyethylene, while 16.5% are made of polypropylene; the remainder consists of polyvinyl chloride, polystyrene, polyester, and polyamides. Due to their lower density compared to seawater, polyethylene and polypropylene float on the surface, affecting the upper layers of the ocean, while denser materials settle to the sea floor.

In this study, microplastics were prepared from polypropylene under laboratory conditions. The experiment was conducted with two types of sorbents: natural zeolite obtained from the Shankhanay deposit and activated carbon derived from walnut shells. The sorption properties of the sorbents were determined through column formation. By analyzing the morphological and surface structures, the microplastic produced from polypropylene was dyed and treated with a cold plasma setup, followed by examination using an optical microscope.

Key words: *cold plasma installation, polypropylene, microplastic, natural zeolite, activated carbon.*

Авторлар туралы мәліметтер

Инабат Өмірзаққызы Сапарғали – Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері; e-mail:sapargali.i@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0258-8277>.

Қалампыр Сұнақбайқызы Бексейтова – Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының магистрі; e-mail: kalampyr.bexeitovas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7660>.

Ұлан Ержанұлы Жанतिकеев – Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері, докторант; e-mail: nurlybekov.ulan@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1200-2340>.

Нұржан Нұрлыбекұлы Нұрғалиев* – PhD, қауымд.профессор, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, «Химия және экология» кафедрасы; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

Азат Сейтхан – PhD, доцент, Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының меңгерушісі; e-mail: a.seitkhan@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>.

Сведения об авторах

Инабат Омирузаковна Сапарғали – Сатпаев университет, научный сотрудник лаборатории инженерного профиля, магистр технических наук; e-mail: sapargali.i@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0258-8277>.

Калампыр Сунакбаевна Бексейтова – Сатпаев университет, научный сотрудник лаборатории инженерного профиля, магистр технических наук; e-mail: kalampyr.bexeitovas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7660>.

Улан Ержанович Жанतिकеев – Сатпаев университет, научный сотрудник лаборатории инженерного профиля, докторант; e-mail: nurlybekov.ulan@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1200-2340>.

Нуржан Нурлыбекович Нурғалиев* – PhD, ассоц. профессор кафедры Химии и экологии, НАО Университета имени Шакарима; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

Азат Сейтхан – PhD, доцент, руководитель лаборатории инженерного профиля, Университета Сатпаева; e-mail: a.seitkhan@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>.

Information about the authors

Inabat Omirzakkyzy Sapargali – Satpayev university, researcher of engineering laboratory, master of technical science; e-mail: sapargali.i@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0258-8277>.

Kalampyr Sunakbaikzy Bekseitova – Satpayev university, researcher of engineering laboratory, master of technical science; e-mail: kalampyr.bexeitovas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5510-7660>.

Ulan Erzhnuly Zhantikeev – Satpayev university, researcher of engineering laboratory, PhD student; e-mail: nurlybekov.ulan@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1200-2340>.

Nurzhan Nurlybekovich Nurgaliyev – PhD, assoc.professor, Shakarim university, department of «Chemistry and ecology»; e-mail: n.nurgaliyev@semgu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

Azat Seitkhan – PhD, associate professor, Satpayev university, head of engineering laboratory; e-mail: a.seitkhan@satbayev.university. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-7438>.

Поступила в редакцию 20.02.2025

Поступила после доработки 07.03.2025

Принята к публикации 13.03.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-52](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-52)

MPHTI: 31.17.29



А.Т. Табынбаева¹, К. Тоштай¹, Н.А. Ахметов², К.Т. Тастамбек^{1,2}, Ж.Т. Тауанов^{1,2*}

¹Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби,
050038, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Аль-Фараби 71

²Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,
161200, Республика Казахстан, г. Туркестан, пр. Б.Саттарханова, 29

*e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КРАСИТЕЛЯ КОНГО КРАСНОГО (Congo Red)

Аннотация: В данной статье подробно рассматриваются синтез и структурные характеристики металлоорганических каркасов (МОК), в частности ZIF-8 и ZIF-67, и их перспективы применения в области очистки воды от токсичных органических загрязнителей. Эти материалы относятся к классу пористых координационных полимеров, которые привлекают внимание благодаря своей уникальной кристаллической структуре, высокой удельной поверхности и возможностям для модификации пористости и функциональных групп. Особое внимание уделено исследованию адсорбционных свойств ZIF-8 и ZIF-67 на примере удаления токсичного анионного

красителя конго красного из водных растворов, что позволяет оценить их эффективность в качестве адсорбентов. Проведенные исследования показали, что оба материала обладают высокой емкостью адсорбции, которая составила 74,15 мг/г для ZIF-8 и 81,27 мг/г для ZIF-67, что объясняется возможностью молекул красителя проникать в пористую структуру каркасов. Адсорбция конго красного соответствует модели изотермы Ленгмюра, указывая на преимущественное монослойное взаимодействие с поверхностью адсорбента. Кинетический анализ показал, что ZIF-67 достигает 53,8% эффективности удаления красителя за 24 часа, а ZIF-8-46,6%, что подтверждает значительный потенциал данных материалов в химической и экологической инженерии для эффективной очистки сточных вод.

Ключевые слова: металл-органический каркас, ZIF-8, ZIF-67, конго красный, адсорбция, очистка воды.

1. Введение

Загрязнение водных ресурсов – одна из главных экологических проблем современного мира. Быстрое развитие промышленности, особенно в таких отраслях, как текстиль, кожа и химия, приводит к сбросу значительного количества токсичных органических соединений, красителей, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в водные системы. В последние годы все больше внимания уделяется использованию пористых материалов, таких как активированный уголь, цеолиты, металлоорганические каркасы [1].

Металлоорганические каркасы (МОК) представляют собой класс пористых кристаллических материалов, которые состоят из металлических узлов, соединённых органическими лигандами [2]. Эти материалы характеризуются уникальными физико-химическими свойствами, включая высокую площадь внутренней поверхности (до 6000 м²/г) и регулируемую пористость, что позволяет им быть эффективными адсорбентами для различных веществ [3, 4]. За последние два десятилетия МОК привлекли значительное внимание учёных из-за их широкого спектра потенциальных применений, включая хранение газов, катализ, доставку лекарств и очистку воды [5, 6].

Металлоорганические каркасы (МОК) демонстрируют большой потенциал в области экологической химии, особенно в задачах очистки сточных вод. Они эффективны для удаления различных загрязнителей, включая тяжелые металлы, такие как ртуть, и органические красители [7, 8]. Промышленные выбросы часто содержат токсичные органические вещества, такие как красители, которые могут вызывать серьёзное загрязнение водных ресурсов [9]. Один из таких загрязнителей – конго красный (Congo Red), широко применяемый в текстильной и других отраслях промышленности. Этот краситель является стойким к биологическому разложению и может вызывать негативные эффекты на здоровье человека и экосистемы [10]. В связи с этим, существует необходимость в разработке эффективных методов его удаления из сточных вод.

В последние годы было предложено множество подходов для очистки воды от органических загрязнителей, включая физические, химические и биологические методы. Среди них адсорбция зарекомендовала себя как один из наиболее простых и эффективных способов удаления токсичных веществ [11]. МОК, благодаря своим уникальным структурным характеристикам, выступают перспективными материалами для использования в этой области. Они могут эффективно удалять загрязнители, такие как Конго красный, из водных растворов за счёт своей высокой адсорбционной ёмкости и способности к регенерации [12].

Данная работа посвящена изучению адсорбционных свойств синтезированных МОК при удалении конго красного из водных растворов. Задачей исследования является оценка эффективности различных МОК при адсорбции этого красителя, а также анализ факторов, влияющих на адсорбционную способность материалов, таких как структура каркаса, размер пор и химическая природа поверхности. Это исследование важно не только с точки зрения разработки новых адсорбентов для очистки воды, но и для понимания механизмов взаимодействия МОК с органическими загрязнителями [13].

Целью данной исследовательской работы является изучение синтеза и характеристик металлоорганических каркасов, а также их потенциального использования в качестве адсорбентов. Методология исследования направлена на синтез различных металлоорганических каркасов с использованием доступных реагентов и условий. Были изучены их структурные и морфологические особенности с описанием полученных материалов современными аналитическими методами, такими как рентгеноструктурный анализ (РСА),

сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), энерго-дисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС), ультрафиолетовая спектроскопия (УФ) и метод БЭТ (Брунауэра-Эмметта-Теллера) для оценки специфической поверхности и пористости материалов. Это исследование позволяет оценить потенциал металл-органических каркасов, расширить области их применения и создать новые материалы.

Адсорбционные свойства материалов оцениваются на примере удаления конго красного из водных растворов. Данное исследование позволяет оценить эффективность и потенциал металл-органических каркасов, синтезированных для очистки воды, демонстрирующих высокие адсорбционные способности и практическое применение в решении современных задач химической и экологической инженерии, благодаря их уникальной структуре и возможности точной настройки функциональных свойств, что предполагает расширение их использования в ближайшем будущем.

2 Условия и методы исследования

2.1 Материалы. Реагенты, использованные для синтеза ZIF-8 и ZIF-67: $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (гексагидрат нитрата цинка, $\geq 99\%$), $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (гексагидрат нитрата кобальта, $\geq 99\%$), 2-метилимидазол (2-MIM, $\geq 99\%$), NaOH (гидроксид натрия, $\geq 98\%$) и дистиллированная вода (высокой чистоты).

Для характеристики синтезированных металл-органических каркасов использовались следующие методы: Минералогический состав образцов был проанализирован методом рентгенофазового анализа (РФА) с использованием дифракционной системы MPD XCEL-221 при параметрах 30 кВ и 10 мА, применяя излучение $CuK\alpha$ ($\lambda = 1,540056 \text{ \AA}$) со скоростью сканирования $0,02^\circ/\text{s}$ в диапазоне 2θ от 10° до 60° .

Для расчета удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам использовалась теория Брунауэра-Эмметта-Теллера. Адсорбционные свойства материалов изучались с помощью записи изотерм адсорбции азота с использованием прибора Autosorb-1 (Quantachrome Instruments, UK) в диапазоне относительных давлений от 0,005 до 0,991.

Для исследования морфологии и элементного состава образцов применялась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с автоэмиссионной пушкой и энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС) (Joel JSM-6490 LA, Япония) при ускоряющем напряжении 5 кВ. EDS использовалась для проведения элементного анализа и характеристики химического состава поверхности синтезированных материалов.

2.2 Синтез ZIF-8. Синтез ZIF-8 проводился при комнатной температуре. Для ZIF-8 в качестве источника ионов Zn^{2+} использовался гидратированный нитрат цинка, а в качестве органического связующего-2-метилимидазол (2-MIM). Сначала проводилось приготовление раствора NaOH. Для этого NaOH берут в 4 раза больше по массе чем $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Для приготовления 1-го раствора были растворены 1,466 г $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ в 100 мл раствора NaOH. Схема синтеза представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема синтеза ZIF-8 при комнатной температуре

Для приготовления 2-го раствора 3,244 г 2-метилимидазола в 100 мл NaOH. На следующем этапе раствор $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ быстро добавляли в раствор 2-метилимидазола и помещали в магнитный миксер на 30 минут. Затем ZIF-8 осаждали из раствора центрифугированием при 6000 об/мин. Осадок промывали 2 раза 50 мл раствором NaOH, затем дистиллированной водой до достижения нейтрального pH. На последнем этапе осадок сушили в сушильной печи при $50-70^\circ\text{C}$ в течение 12 часов. На рис. 1 приведена схема синтеза ZIF-8 при комнатной температуре [14].

2.3 Синтез ZIF-67. Синтез ZIF-67 проводился в автоклаве. Гидратированный нитрат кобальта использовался в качестве источника ионов Co^{2+} , а 2-метилимидазол (2-MIM) - в качестве органического связующего. 0,45 г $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ растворили в 3 мл дистиллированной воды. В 20 мл дистиллированной воды растворили 5,5 г 2-метилимидазола. Схема синтеза представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема гидротермального синтеза ZIF-67

Два приготовленных раствора хорошо перемешали и вылили в тефлоновую емкость автоклава. Автоклав был помещен в сушильный шкаф на 40 минут при 120°C . После синтеза ZIF-67 осаждали из раствора центрифугой при 6000 об/мин. Осадок промывали дистиллированной водой, затем сушили при $50\text{-}70^\circ\text{C}$ [15].

2.4 Кинетика адсорбции. Кинетика адсорбции изучалась с использованием 10 мл раствора конго красного с начальной концентрацией 100 мг/л и содержанием адсорбента 0,025 г. Эксперименты проводились при температуре окружающей среды, атмосферном давлении и статических условиях. Кинетические точки (0,5 ч, 1 ч, 2 ч, 4 ч, 8 ч, 24 ч) были проанализированы с использованием 1 мл аликвоты из пластиковых пробирок. Эффективность удаления красителя адсорбентом в каждой адсорбционной кинетической точке была рассчитана с использованием разницы концентраций между исходными точками и текущими точками кинетики адсорбции. В качестве контрольного раствора использовалась дистиллированная вода.

2.5 Изотерма адсорбции. В пластиковых тубах по 50 мл смешивали 20 мл раствора конго красного в различных начальных концентрациях от 10 до 500 мг/л. Растворы с адсорбентами взбивали в орбитальном шейкере со скоростью 150-200 об / мин в течение 24 часов при комнатной температуре. Количество адсорбированного красящего вещества вычисляли по уравнению (1):

$$q_{\max} = \frac{(C_i - C_{eq})V}{m} \quad (1)$$

Здесь q_{\max} – максимальная адсорбционная емкость (мг/г), C_i и C_{eq} соответственно концентрация первичного и равновесного красителя (мг/л), V – объем раствора (мл), m – масса используемого адсорбента (г).

Модель адсорбции Ленгмюра подходит для систем с однородными центрами адсорбции, а модель Фрейндлиха подходит для систем с неоднородными, то есть гетерогенными поверхностями.

Линейный тип изотермы Ленгмюра:

$$\frac{C_{eq}}{q_{eq}} = \frac{1}{q_{\max}K_L} + \frac{C_{eq}}{q_{\max}} \quad (2)$$

Здесь C_{eq} (мг/л) – равновесная концентрация конго красного в водной фазе, q_{eq} и q_{\max} (мг/г) – равновесная и максимальная способность удаления красителя и K_L (л/мг) – постоянная Ленгмюра.

Линейный тип изотермы Фрейндлиха:

$$\log q_{eq} = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_{eq} \quad (3)$$

Здесь C_{eq} (мг/л) равновесная концентрация конго красного в водной фазе, q_{eq} (мг/г) равновесная адсорбционная способность, n (безразмерная) и K_F постоянная Фрейндлиха.

Для оценки эффективности удаления Конго красного из водных растворов в данном исследовании использовался UV-Vis спектрофотометр Peak Instruments C-7000, с помощью которого измерялась концентрация красителя до и после адсорбции.

3 Результаты исследования и обсуждение

3.1 Анализ образцов с использованием рентгенофазового анализа (РФА). Спектр рентгеновской порошковой дифракции материалов ZIF-8 и ZIF-67 показан на рисунке 3.

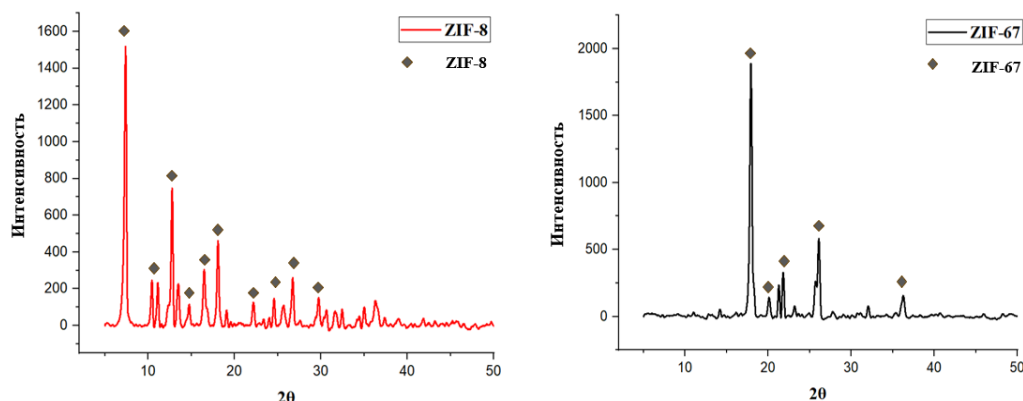


Рисунок 3 – РФА спектры ZIF-8 и ZIF-67

На рентгенограмме пики при углах 2θ $7,30^\circ$, $10,35^\circ$, $12,70^\circ$, $14,80^\circ$, $16,40^\circ$ и $18,00^\circ$ соответствуют кристаллическим плоскостям (110), (200), (211), (220), (310) и (222), что свидетельствует о кристаллическости синтезированного ZIF-8. Пики при углах $16,5^\circ$ (022), $18,0^\circ$ (013), $22,1^\circ$ (222) и $29,6^\circ$ (134) соответствуют различным плоскостям кристаллической решётки. Значения углов 2θ для основных пиков соответствуют известным данным по ZIF-67, что подтверждает правильность кристаллической структуры материала.

3.2 Исследование морфологии с помощью сканирующей электронной микроскопии и энергетической дисперсионной спектроскопии. Морфология поверхности ZIF-8, исследованная с помощью сканирующей электронной микроскопии, демонстрирует пористую структуру. Частицы выглядят как агрегаты мелких частиц, что характерно для структур металл-органических каркасов. Поверхность частиц неравномерная, пористая, с видимыми зернистыми элементами, что указывает на кристаллическую природу материала. Неровная поверхность с множеством выступов может свидетельствовать о наличии микропор. Частицы ZIF-8 обладают характерной шероховатой и неоднородной формой.

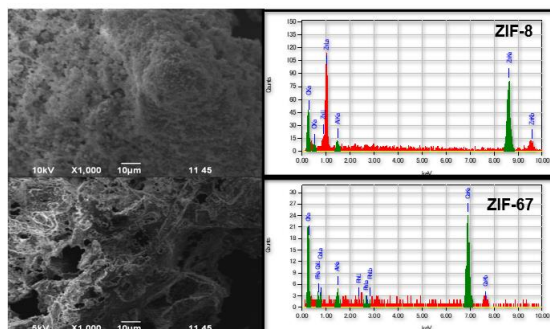


Рисунок 4 – Снимки СЭМ и ЭДС спектры для ZIF-8 и ZIF-67

В случае ZIF-67 частицы также агрегированы, с неровной и шероховатой поверхностью. Пористая сеть хорошо просматривается, что говорит о значительной площади поверхности, способствующей эффективной адсорбции. Частицы имеют чётко выраженные кристаллические грани, а структура характеризуется типичной пористостью, как видно по снимкам СЭМ на 4 рисунке. На ЭДС спектрах представлены ZIF-8 и ZIF-67. Для ZIF-8 видны пики цинка, углерода, натрия и кислорода. Натрий, вероятно, связан с использованием раствора гидроксида натрия при синтезе. Также можно заметить небольшие пики других элементов, таких как алюминий, что может указывать на загрязнение. В ZIF-67 доминируют пики кобальта, углерода и кислорода. В таблице 1 приведены данные о атомном и массовом распределении элементов, полученные в результате ЭДС.

Таблица 1 – Атомное и массовое распределение элементов по результатам ЭДС

ZIF-67			ZIF-8		
Элемент	Атом, %	Масса, %	Элемент	Атом, %	Масса, %
C	58,79	83,55	C	53,41	79,51
O	9,54	5,87	O	8,51	9,51
Co	31,67	10,58	Na	1,46	0,97
			Zn	36,62	10,01

3.3 Оценка удельной поверхности и пористости с помощью метода Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Удельная поверхность материала ZIF-67 по методу БЭТ составляет 28,39 м²/г. Объем микропор ($\leq 2,07$ нм): 0,0111 см³/г. Общий объем пор ($\leq 39,13$ нм): 0,0114 см³/г. Доля микропор составляет 90-94%. Мезопоры от 1 до 5%. Эти результаты подтверждают, что синтезированный ZIF-67 является наноразмерным материалом. На рисунке 5 представлены изотермы адсорбции/десорбции азота для ZIF-67.

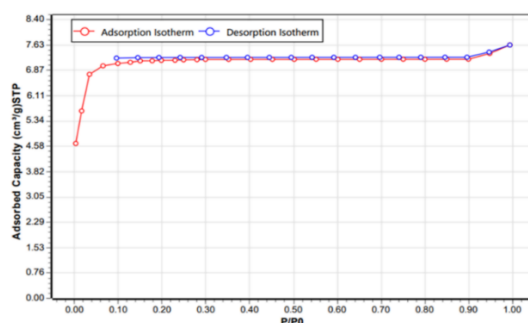


Рисунок 5 – Изотермы адсорбции/десорбции азота для ZIF-67

3.4 Исследование адсорбционных свойств материалов. Исследование изотерм адсорбции. Изотермы адсорбции были исследованы для определения показателей адсорбции металлоорганических каркасов ZIF-8 и ZIF-67 (рис. 6).

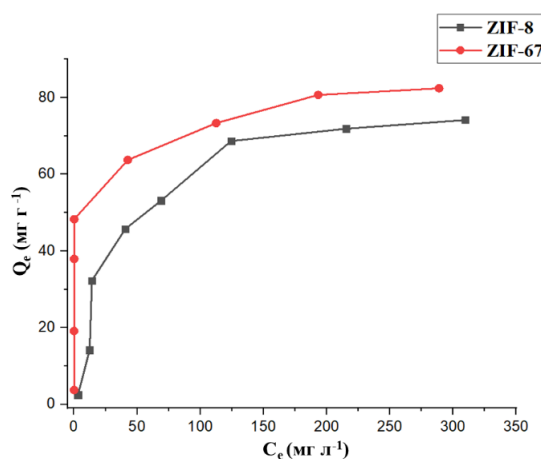


Рисунок 6 – Изотермы адсорбции для ZIF-8 и ZIF-67

Для определения показателей адсорбции материалов использовались модели Ленгмюра и Фрейндлиха. Результаты расчетов по данным моделям указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Расчеты по адсорбционным моделям Ленгмюра и Фрейндлиха

Материал	Эксперимент	Ленгмюр			Фрейндлих		
	q _{max} , мг/г	q _{max} , мг/г	K _L	R ²	n	K _F	R ²
ZIF-8	74,15	120,48	0,0066	0,97	0,67	2,53	0,82
ZIF-67	81,27	151,52	0,1982	0,99	0,29	19,83	0,71

Изотерма адсорбции металлоорганического каркаса ZIF-8 больше соответствует модели Ленгмюра, чем модели Фрейндлиха (коэффициент корреляции 0,82 и 0,97 соответственно). Это показывает, что процесс адсорбции молекул является мономолекулярным и однородным, а взаимодействие между адсорбированными молекулами минимально. Изотерма адсорбции металлоорганического каркаса ZIF-67 больше соответствует модели Ленгмюра, чем модели Фрейндлиха (коэффициент корреляции 0,71 и 0,99 соответственно)

Анализ кинетики адсорбции. Результаты адсорбционной кинетики показаны на рис.7 ZIF-67 достиг эффективности удаления до 46,9% через 30 минут и 53,8% через 24 часа. ZIF-8 составляет 27,6% через 30 минут и 46,6% через 24 часа соответственно. Наблюдается очень быстрое течение адсорбции (рис. 7).

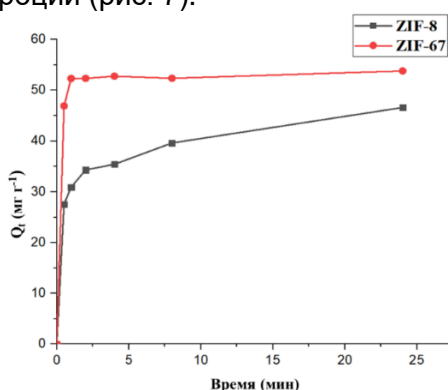


Рисунок 7 – Кривые кинетики адсорбции для ZIF-8 и ZIF-67

Механизм адсорбции: основные пути взаимодействия конго красного с полученными адсорбентами. Чтобы глубже понять механизм адсорбции, необходимо рассмотреть структуру молекул конго красного и ZIF-67 с ZIF-8. Конго красный представляет собой анионное органическое красящее вещество с ароматическими кольцами, а ZIF – 67 с ZIF-8 представляют собой металл – органические каркасы с ароматическими имидазольными кольцами. Взаимодействие между такими ароматическими системами играет решающую роль в процессе адсорбции, а также в образовании координационных связей между молекулами. В этом контексте анализ структур молекул конго красного и ZIF-67 является ключом к предсказанию и пониманию механизмов, лежащих в основе эффективной адсорбции на материале ZIF-67. Возможный механизм адсорбции конго красного на ZIF-67 (рис. 8).

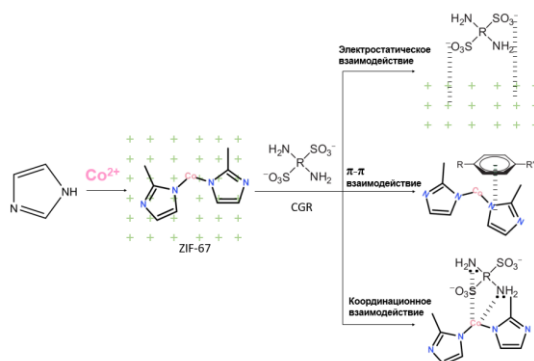


Рисунок 8 – Механизм адсорбции конго красного по отношению к адсорбенту ZIF-67

π - π взаимодействие между ароматическими кольцами конго красного и имидазольными кольцами молекулярной структуры ZIF-67 обеспечивает эффективную адсорбцию. Этот механизм ясно объясняет высокую адсорбционную способность адсорбентов, содержащих sp^2 -гибридизированный углерод, к ароматическим адсорбатам. Кроме того, следует отметить, что взаимодействие атомов азота и кислорода в молекулах конго красного с ионами Co^{2+} в структуре ZIF-67 способствует образованию координационных связей, которые также играют важную роль в процессе адсорбции. Механизм адсорбции для ZIF-8 аналогичен тому, который наблюдается для ZIF-67.

Заключение

Адсорбционные исследования показали, что материалы ZIF-67 и ZIF-8 обладают высокой эффективностью в удалении красителя конго красный из воды. При концентрации красителя 100 мг/л эффективность удаления составила 54% для ZIF-67 и 47% для ZIF-8, а при концентрации 50 мг/л она возросла до 97,6% и 90,4% соответственно. Адсорбционная ёмкость составила 74,15 мг/г для ZIF-67 и 81,27 мг/г для ZIF-8. Оба адсорбента демонстрировали адсорбционные свойства, соответствующие модели изотермы Ленгмюра (коэффициенты корреляции R^2 составили 0,99 для ZIF-67 и 0,97 для ZIF-8).

Проведённый анализ методом БЭТ позволил определить важнейшие структурные характеристики материала ZIF-67, которые подтверждают его высокий потенциал для практического применения. Удельная поверхность материала составила 28,3897 м²/г, что свидетельствует о наличии развитой пористой структуры. Значение общего объёма пор ($\leq 39,13$ нм) составило 0,0114 см³/г, в то время как объём микропор ($\leq 2,07$ нм) составил 0,0111 см³/г. Таким образом, микропоры составляют 90-94% от общего объёма пор, что указывает на доминирование микропористой структуры. Такие структурные характеристики обеспечивают ZIF-67 отличные адсорбционные свойства, которые особенно важны для экологических приложений. Высокая пористость материала и его способность к селективной адсорбции делают его перспективным для использования в процессах очистки сточных вод, включая удаление органических загрязнителей, тяжёлых металлов и других вредных веществ.

Список литературы

1. Effect of metal atom in zeolitic imidazolate frameworks (ZIF-8 & 67) for removal of Pb²⁺ & Hg²⁺ from water / K. Ahmad et al // Food and Chemical Toxicology. – 2021. – № 149. – P. 112008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112008>.
2. Yusuf V.F. Review on Metal-Organic Framework Classification, Synthetic Approaches, and Influencing Factors: Applications in Energy, Drug Delivery, and Wastewater Treatment / V.F. Yusuf, N.I. Malek, S.K. Kailasa // ACS Omega. – 2022. – № 7. – P. 44507–31. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05310>.
3. Metal-organic frameworks: structure, properties, methods of synthesis and characterization / V.V. Butova et al // Russian Chemical Reviews. – 2016. – № 85. – P. 280-307. <https://doi.org/10.1070/rcr4554>.
4. Khosravi A. Synthesis, characterization, and application of ZIF-8 for removal of Cd, Ni, and Pb ions from aqueous solutions: Optimization of the process by Response Surface Methodology (RSM) based on Central Composite Design (CCD) technique / A. Khosravi, M. Randjbar, R. Habibpour // Journal of Metals, Materials and Minerals. – 2023. – № 33. – P. 88-102. <https://doi.org/10.55713/jmmm.v33i2.1668>.
5. Raptopoulou C.P. Metal-Organic Frameworks / C.P. Raptopoulou // Synthetic Methods and Potential Applications. – 2021.
6. Khoramian R. Chemical enhanced oil recovery using carbonized ZIF-67 MOFs and sulfonated copolymers at high reservoir temperatures / R. Khoramian, M. Nurmyrza, W. Lee // Chem. Eng. J. Elsevier B.V. – 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.156653>.
7. Advances in metal-organic frameworks for water remediation applications / S. Lal et al // RSC Adv. – 2024. – № 14. – P. 3413–46. <https://doi.org/10.1039/d3ra07982a>.
8. Enhanced reductive removal of aqueous Hg(II) by a novel Pd-Cu-BTC catalyst / N. Nurlan et al // Chem. Eng. J. Elsevier B.V. – 2024. – P. 151276. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.151276>.
9. A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety / R. Al-Tohamy et al // Ecotoxicol Environ Saf. – 2022. – № 231. – P. 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>.
10. Investigation of Congo Red Toxicity towards Different Living Organisms: A Review / S.I. Siddiqui et al // Processes. – 2023. – № 11. – P. 1-12. <https://doi.org/10.3390/pr11030807>.
11. Anjum A. Adsorption Technology for Removal of Toxic Pollutants / A. Anjum. – 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61146-4_2.

12. Adsorptive removal of Congo red from aqueous solution using zeolitic imidazolate framework-67 / Tu NT Thanh et al // J Environ Chem Eng. – 2018. – № 6. – P. 2269-80. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.031>.
13. Harja M. Recent advances in removal of Congo Red dye by adsorption using an industrial waste / M. Harja, G. Buema, D. Bucur // Sci Rep. – 2022. – № 12. – P. 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10093-3>.
14. Sustainable Synthesis of Zeolitic Imidazolate Frameworks at Room Temperature in Water with Exact Zn/Linker Stoichiometry / MA Molina et al // Nanomaterials. – 2024. – № 14. – P. 1-17. <https://doi.org/10.3390/nano14040348>.
15. Qian J. Hydrothermal synthesis of zeolitic imidazolate framework-67 (ZIF-67) nanocrystals / J. Qian, F. Sun, L. Qin // Mater Lett. – 2012. – № 82. – P. 220–3. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.05.077>.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, BR24992814 «Развитие инновационных технологий и создание современной инфраструктуры для устойчивого развития Южно-Казахстанской области».

А.Т. Табынбаева¹, Қ. Тоштай¹, Н.А. Ахметов², Қ.Т. Тастамбек^{1,2}, Ж.Т. Тауанов^{1,2*}

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,

050038, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Аль-Фараби д.71

²Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,
161200, Республика Казахстан, г. Туркестан, пр. Б. Саттарханова, 29

*e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz

СУДЫ КОНГО ҚЫЗЫЛ БОЯҒЫШЫНАН ТАЗАЛАУҒА АРНАЛҒАН МЕТАЛЛ-ОРГАНИКАЛЫҚ КАРКАСТЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

Бұл мақалада ZIF-8 және ZIF-67 металл-органикалық каркастардың синтезі мен сипаттамасы және олардың су тазалау процесінде қолданылуы қарастырылады. Әсіресе, осы материалдардың конго қызыл бояуын су ерітінділерінен адсорбциялау қасиеттерін зерттеуге баса назар аударылған. Зерттеу нәтижелері металл-органикалық каркастардың органикалық ластағыштарды адсорбциялауда жоғары тиімділігін, олардың ерекше құрылымы, үлкен меншікті беті және реттелетін кеуектілігі арқасында көрсеткенін дәлелдейді. Адсорбциялық сыйымдылық ZIF-8 үшін 74,15 мг/г, ал ZIF-67 үшін 81,27 мг/г құрайды, екі материал да Ленгмор изотермасының моделіне сәйкес келді. Адсорбция кинетикасын зерттеу нәтижелері бойынша, ZIF-67 24 сағат ішінде 53,8% тиімділігін көрсетті, ал ZIF-8 үшін бұл көрсеткіш 46,6% болды. Бұл нәтижелер синтезделген металл-органикалық каркастардың химиялық және экологиялық инженерияда қолданылу әлеуеті жоғары екенін растап, оларды улы заттардан, соның ішінде конго қызылдан, ағынды суларды тазарту үшін перспективті шешімдер ретінде ұсынады.

Түйін сөздер: Металл-органикалық каркас, ZIF-8, ZIF-67, конго қызыл, адсорбция, суды тазалау.

A.T. Tabynbayeva¹, K. Toshtay¹, N.A. Akhmetov², K.T. Tastambek^{1,2}, Z.T. Tauanov^{1,2*}

¹Al-Farabi Kazakh National University,

050038, Republic of Kazakhstan, Al-Farabi av, 71

²Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,
161200, Republic of Kazakhstan, Turkestan, B.Sattarkhanov Ave., 29

*e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK FOR THE REMOVAL OF CONGO RED DYE FROM WATER

This article discusses the synthesis and structural characteristics of metal-organic frameworks (MOFs), specifically ZIF-8 and ZIF-67, and their potential applications in the removal of toxic organic pollutants from water. These materials belong to the class of porous coordination polymers, which have attracted attention due to their unique crystalline structure, high specific surface area, and potential for tunable porosity and functional groups. Special emphasis is placed on studying the adsorption properties of ZIF-8 and ZIF-67 using the removal of the toxic anionic dye Congo red from aqueous solutions as an example, allowing an

evaluation of their effectiveness as adsorbents. Research has shown that both materials exhibit high adsorption capacities, amounting to 74.15 mg/g for ZIF-8 and 81.27 mg/g for ZIF-67, attributed to the ability of dye molecules to penetrate the porous structure of the frameworks. The adsorption of Congo red corresponds to the Langmuir isotherm model, indicating predominantly monolayer interactions with the adsorbent surface. Kinetic analysis showed that ZIF-67 achieves 53.8% dye removal efficiency in 24 hours, while ZIF-8 achieves 46.6%, confirming the significant potential of these materials in chemical and environmental engineering for effective wastewater treatment.

Key words: Metal-organic framework, ZIF-8, ZIF-67, congo red, adsorption, water purification.

Сведения об авторах

Айдана Талгатовна Табынбаева – магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, кафедра «Химической физики и материаловедения»; e-mail: aidanatabynbaeva1@gmail.com.

Кайнаубек Тоштай – PhD, доцент, кафедра «Физическая химия, катализ и нефтехимия», Казахский национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz.

Нурлан Абдурахманович Ахметов – PhD, директор, НИИ Экологии, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави; e-mail: nurlan.akhmetov@ayu.edu.kz.

Куаныш Талгатович Тастамбек – PhD, директор, НИИ Устойчивости экологии и биоресурсов, Казахский национальный университет имени аль-Фараби; e-mail: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz.

Жандос Турегулович Тауанов* – PhD, ассоциированный профессор-исследователь, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz.

Авторлар туралы мәліметтер

Айдана Талгатовна Табынбаева – магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Химиялық физика және материалтану» кафедрасы; e-mail: aidanatabynbaeva1@gmail.com.

Кайнаубек Тоштай – PhD, доцент, «Физикалық химия, катализ және мұнай химиясы» кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz.

Нурлан Абдурахманович Ахметов – PhD, директор, Экология ҒЗИ, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті; e-mail: nurlan.akhmetov@ayu.edu.kz.

Куаныш Талғатұлы Тастамбек – PhD, директор, Экология және биоресурстар тұрақтылығы ҒЗИ, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті; e-mail: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz.

Жандос Турегулович Тауанов* – PhD, доцент-зерттеуші, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті; e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz.

Information about the authors

Aidana Tabynbayeva – Master's student, Department of Chemical Physics and Materials Science, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: aidanatabynbaeva1@gmail.com.

Kainaubek Toshtay – PhD, associate professor, department of «Physical Chemistry, Catalysis and Petrochemistry», Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: kainaubek.toshtay@kaznu.kz.

Nurlan Akhmetov – PhD, director, SRI Ecology, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University; e-mail: nurlan.akhmetov@ayu.edu.kz.

Kuanysh Tastambek – PhD, director, SRI Sustainability of ecology and bioresources, Al-Farabi Kazakh National University; e-mail: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz.

Zhandos Tauanov* – PhD, associate professor-researcher, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University; e-mail: tauanov.zhandos@kaznu.edu.kz.

Поступила в редакцию 30.10.2024
Поступила после доработки 12.12.2024
Принята к публикации 13.12.2024

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ

Ғылыми мақала бұрын жарияланбаған және жаңалығы бар авторлық әзірлемелерді, қорытындыларды, ұсыныстарды қамтитын ғылыми зерттеудің, эксперименттік немесе аналитикалық қызметтің бастапқы, аралық немесе түпкілікті нәтижелерінің мәтіндік материалы болуы тиіс. Ғылыми мақалаға жалпы тақырыппен байланысты бұрын жарияланған ғылыми нәтижелерді зерттеуге және талдауға арналған жұмыс кіреді (шолу мақаласы), онда жалпылама тұжырымдар мен ұсыныстар келтірілген.

«Шәкәрім университетінің хабаршысы. Техникалық ғылымдар бөлімі» ғылыми журналы қазақ, орыс, ағылшын тілдеріндегі қолжазбаларды қабылдайды.

Журналдың жиілігі-тоқсанына 1 рет (жылына 4 Нөмір).

Мақала электрондық форматта (.doc, .docx, .rtf) tech.vestnik.shakarim.kz журнал веб-сайтының жүктеу функционалдығы арқылы беріледі.

Порталмен жұмыс істеу үшін tech.vestnik.shakarim.kz сайтына тіркелу қажет.

Журналға жариялау үшін келесі бағыттар бойынша мақалалар қабылданады:

- Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар
- Инженериядағы, техникадағы және технологиядағы математикалық және статистикалық әдістер
- Машина жасау және механика
- Тамақ инженериясы және биотехнология
- Техникалық физика және жылу энергетикасы
- Химиялық технология

Материалдарды ресімдеуге қойылатын талаптар

Мақала жиектердің келесі өлшемдерімен ресімделеді: парақтың шетінен шегініс – 2,0 см. Қаріп өлшемі – 11, жоларалық интервал – 1,0, қаріп гарнитурасы – Arial.

Ғылыми мақаланың құрылымы

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

Ғылыми мақаланың құрылымы келесі элементтерді қамтуы керек:

- **ҒТАХА** индексі (ғылыми-техникалық ақпараттың халықаралық айдары) – беттің сол жақ шетінен көрсетіледі. **ҒТАХА** индексінің мақаласын тағайындау үшін www.grnti.ru сайты пайдалану қажет).
- Авторлар туралы мәлімет – ортадағы жол арқылы жазылады:
 - мақала авторының аты-жөні және тегі (алдымен аты-жөні, содан кейін тегі – А.К. Қалиев), қаріп-қалың;
 - автордың (лардың) жұмыс орны-ЖОО (ұйымның), қаланың, елдің атауы;
 - корреспондент-автордың байланыс ақпараты (e-mail).
- Мақаланың атауы (тақырыбы) – жол арқылы, қалың қаріппен, ортасына тураланады. Ол мазмұнды дәл көрсетуі керек, қысқа және нақты болуы керек. Тақырыптағы сөздерді қысқартуға жол берілмейді.
- Аннотация – зерттеудің негізгі мәнінің, зерттеу әдістері мен объектілерінің қысқаша мазмұнын, ең маңызды нәтижелерін, олардың маңыздылығын, ғылыми және тәжірибелік құндылығын қысқаша баяндайды. Аннотация мақала атауынан кейінгі жол арқылы курсивпен орналастырылады. Аннотация көлемі –150-300 сөз.
- Түйін сөздер – мақаланы іздеуге және оның тақырыптық аймағын анықтауға арналған. Түйін сөздердің саны-5-8, курсивпен жазылады.
- Мақаланың негізгі мәтіні – жол арқылы:
 - Кіріспе – өзектіліктің көрінісі;
 - Зерттеу шарттары мен әдістері;
 - Зерттеу нәтижелері;
 - Ғылыми нәтижелерді талқылау;

- Қорытынды;
- Пайдаланылған әдебиеттер тізімі – мақала жазылған тілде және ағылшын тілінде рәсімделеді.
- Қаржыландыру туралы ақпарат (бар болса).
- Мақаланың соңында автордың (авторлардың) аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы, жұмыс орны; ЖОО-ның (ұйымның), қаланың, елдің атауы; әрбір автор үшін байланыс ақпараты (e-mail); мақаланың тақырыбы (атауы); аннотация; мақала тілінен ерекшеленетін екі тілдегі түйінді сөздер келтіріледі (қазақ/орыс, ағылшын).

Материалдардың көлемі, әдетте, мәтінді, суреттерді, кестелерді қоса алғанда, 3 беттен кем болмауы және 8 беттен аспауы тиіс.

Авторлар саны **5 адамнан** аспауы керек.

Суреттерді, карталарды, фотосуреттерді, кестелерді, формулаларды компьютерлік техниканың қолдана отырып орындау және олар туралы айтылғандай мақалада орналастыру ұсынылады. Суреттердің реттік нөмірлері араб цифрларымен белгіленеді, суреттің атауы суреттің астында ортасына келтіріледі (1 – сурет-суреттің атауы).

Кестелер мақаланың мәтінде бірінші сілтемеден кейін немесе келесі бетте көрсетіледі. Кестенің нөмірі мен атауы беттің сол жағында келтірілген (1 – кесте-кестенің атауы). Кестені келесі бетке ауыстырған жағдайда бағандар нөмірленеді және келесі бетте оң жағында кестенің жалғасы (1 – кестенің жалғасы) көрсетіледі.

Әдебиеттерді рәсімдеу тәртібі:

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- Әдебиет мәтінде айтылғандай орналастырылады;
- мәтін бойынша квадрат жақшада сілтеме берілген жұмыстың реттік нөмірі көрсетіледі;
- әдебиеттерді рәсімдеу МЕМСТ 7.1-2003 «Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері»;
- анықтамалық әдебиеттерді дайындау кезінде басылым авторларының толық тізімін (басқаларынсыз) көрсетіңіз.

Әдебиеттер тізімін құрастыру мысалдары

1. Аксартов Р.М. Леукомизинді сандық анықтау әдісі / Р.М. Аксартов, М.И. Айзиков, С.А. Расулова // ҚазҰУ Хабаршысы. Сер. хим. – 2003. – Т. 5, № 8. – Б. 40-41.
2. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполипидемиялық белсенділігі / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.
3. Абимильдина С.Т. Қант өндірісі инфрақұрылымының жұмыс істеуі және дамуы / С.Т. Абимильдина, Г.Е. Сыдыкова, Л.А. Оразбаева // Қазақстанның аграрлық секторындағы Инновация: Матер. Халықарал. конф. / ҚазҰУ. Әл-Фараби атындағы қазуу. – Алматы, 2010. – Б.10-13.
4. Соколовский Д.В. Өзін-өзі реттейтін камера жетектерінің механизмдерін синтездеу теориясы [Электрондық ресурс] / Д.В. Соколовский. – 2006. – URL: http://bookchamber.kz/stst_2006.htm (қарау күні 12.03.2009).

Автор мақаланы жібергеннен кейін журнал редакциясы ұсынылған жұмысты екі апта ішінде оның талаптарға сәйкестігін тексеру мақсатында (антиплагиат, дизайн, рецензия және т.б.) қарайды.

Журнал редакциясы мақаланы қабылдау туралы оң шешім қабылдаған жағдайда, авторларға жарияланымға ақы төлеу үшін тиісті хабарлама жіберіледі.

Мақала журнал талаптарына сәйкес келмеген жағдайда авторлар электрондық поштаға хабарлама арқылы хабарланатын болады.

Журналдың редакциясы келіп түскен жұмысты рецензиялауға дербес жібереді. Журнал мақаланы авторын жасырып (*Double-blind review*), екі рецензиялаудан өткізеді.

Журналдың редакциясы мақаланың ұқсастығының бар-жоғына тексеруді жүзеге асырады (лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз ету пайдаланылады). Мәтіннің өзіндік

ерекшелігі кемінде 75% болуы керек. Мақалалардағы өзін-өзі сілтеме жасау үлесі 15%-дан аспауы керек. Түпнұсқалықтың қажетті пайызын алмаған мақала авторға пысықтауға жіберіледі. Бірінші және екінші тексерулер тегін, үшінші тексеру – 2000 теңге. Үшінші тексеруден кейін теріс нәтиже алынған жағдайда, мақала журналға жариялауға жіберілмейді.

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

ФТАХА: 32.61.11

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Искакова¹, А.К. Каримов³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Мәскеу мемлекеттік университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71
*e-mail: smagulov@mail.ru

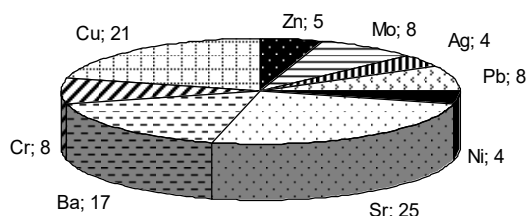
АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

Аңдатпа: Мақалада зерттеу нәтижелері келтірілген.....

Түйін сөздер: қоршаған орта, биолог, табиғат,.....

Кіріспе

Ландшафт компоненттерінің Биогеохимиялық қасиеттерін қалыптастыруда атмосфералық, су және биогендік көші-қон маңызды рөл атқарады. Барлық табиғи сулардың ішінде жауын-шашында айтарлықтай өзгерістер байқалады. Қардағы элементтердің шоғырлануы ауа температурасына, ластану көзіне қатысты жел бағытының бағытына, одан қашықтығына, жер бедеріне байланысты [1]. Жауын-шашынның химиялық құрамындағы айырмашылықтар ауа массаларының күрделі қозғалыстарына байланысты. 1-суретте су қоймаларының мұзындағы ауыр металдардың құрамы көрсетілген.



1 сурет – Москворецкий жүйесінің су қоймаларының мұзында ауыр металдар құрамының таралуы

Зерттеу әдістері

Мәтін.....

Зерттеу нәтижелері

Жаңбыр сулары құрамы бойынша сульфатты-бикарбонатты- және сульфатты-хлоридті-кальцийлі. Атмосферада шаңның шоғырлануына байланысты олардың минералдануы жоғары. Ландшафттың аудан бірлігіне жауын-шашынға есептелген ауыр металдардың басымдылығы қармен салыстырғанда жаңбырда (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) анықталды (1-кесте).

1 кесте – Қар мен жаңбырдағы ауыр металдардың құрамы, кг/га

№	Ауыр металдар	Қар	Жауын
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–

Ескертпе *

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Мәтін.....

Қорытынды

Мәтін.....

Әдебиеттер тізімі

1. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполлипидемиялық белсенділігі / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.
2. Хрусталева М.А. Табиғи және антропогендік ландшафт компоненттеріндегі ауыр металдардың биогеохимиялық көші-қоны және жинақталуы / М.А. Хрусталева // 3-ші Халықаралық ғылыми конференцияның ғылыми еңбектер жинағы. – Семей қ.: СМУ баспасы Шәкәрім, 2012. – 1 Том. – Б. 368-373.
3.

References

1. Kurmukov A.A. Leuomizinnii angioprotektorlyk zhene gipolipidemiyalyk belsendiligi / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 b.
2. Khrustaleva M.A. Tabiғi zhene antropogendik landshaft komponentterindegi auyr metaldardyn biogeokhimiya lyk keshi-qony zhene zhinaqtaluy / M.A. Khrustaleva // 3-shi KHALYQARALYQ ҒYLYMI KONFERENTSIYANYN ҒYLYMI EҢBEKTER ZHINAҒY. – Semei q.: SMU baspasy Shәkәrim, 2012. – 1 Tom. – B. 368-373.
3.

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования.....

Ключевые слова: среда, биолог, природа,.....

M. Smagulov^{1*}, S. Zaitsev², M. Iskakov¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Moscow State University, Moscow, Russia
119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

³Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

*e-mail: smagulov@mail.ru

BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....

Key words:.....

Авторлар туралы мәліметтер

Максат Ануарбекович Смагулов* – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна Искакова – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

Сведения об авторах

Максат Ануарбекович Смагулов* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

Information about the authors

Maksat Smagulov* – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Sergei Zaitsev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Marjan Iskakova – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Aitbek Karimov – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научная статья должна представлять собой текстовый материал начальных, промежуточных или окончательных результатов научного исследования, экспериментальной или аналитической деятельности, содержащий авторские разработки, выводы, рекомендации, ранее не опубликованные и обладающие новизной. К научной статье относится также работа, посвященная изучению и анализу ранее опубликованных научных результатов, связанных общей темой (обзорная статья), в которой приводятся обобщающие выводы и рекомендации.

В научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки» принимаются рукописи на казахском, русском, английском языках.

Периодичность журнала – 1 раз в квартал (4 номера в год).

Статья подается в электронном формате (.doc, .docx, .rtf) посредством загрузки через функционал веб-сайта журнала tech.vestnik.shakarim.kz

Для работы с порталом необходимо зарегистрироваться на сайте tech.vestnik.shakarim.kz

Для публикации в журнал принимаются статьи по следующим направлениям:

- Автоматизация и информационные технологии
- Математические и статистические методы в инженерии, технике и технологии
- Машиностроение и механика
- Пищевая инженерия и биотехнология
- Техническая физика и теплоэнергетика
- Химическая технология

Требования к оформлению материалов

Статья оформляется со следующими размерами полей: отступ от края листа – 2,0 см. Кегль шрифта – 11, межстрочный интервал – 1,0, гарнитура шрифта – Arial.

Структура научной статьи

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

- Индекс МРНТИ (международный рубрикатор научно-технической информации) – указывается с левого края страницы. Для присвоения статье индекса МРНТИ необходимо использовать сайт www.grnti.ru).
- Сведения об авторах – пишутся через строку по центру:
 - инициалы и фамилия автора(-ов) статьи (сначала инициалы, затем фамилия – А.К. Калиев), шрифт – полужирный;
 - место работы автора(-ов) – название вуза (организации), города, страны;
 - контактная информация (e-mail) автора-корреспондента.
- Название статьи (заголовки) – через строку, выделяется полужирным шрифтом, выравнивание по центру. Должно точно отражать содержание, быть кратким и лаконичным. Сокращение слов в заглавии не допускается.
- Аннотация – краткое изложение основной сути исследований, методов и объектов исследований, наиболее важных результатов, их значимость, научная и практическая ценность. Аннотация размещается через строку после названия статьи курсивом. Объем аннотации – 150-300 слов.
- Ключевые слова – предназначены для поиска статьи и определения ее предметной области. Количество ключевых слов – 5-8, оформляются курсивом.
- Основной текст статьи – через строку:
 - Введение – отражение актуальности;
 - Условия и методы исследования;
 - Результаты исследований;
 - Обсуждение научных результатов;

- Заключение;
- Список литературы – оформляется на языке написания статьи и на английском языке.
- Информация о финансировании (при наличии).
- В конце статьи приводятся инициалы и фамилия, ученая степень, звание, место работы автора(-ов); название вуза (организации), города, страны; контактная информация (e-mail) для каждого автора; заглавие (название) статьи; аннотация; ключевые слова на двух языках, отличимых от языка статьи (казахский/русский, английский).

Объем материалов, как правило, не должен быть менее 3 страниц и не более 8 страниц, включая текст, рисунки, таблицы.

Количество авторов не должно превышать **5 человек**.

Рисунки, карты, фотографии, таблицы, формулы рекомендуется выполнять с помощью компьютерной техники и размещать в статье по мере их упоминания. Порядковые номера рисунков обозначаются арабскими цифрами, название рисунка приводятся по центру под рисунком (Рисунок 1 – Название рисунка).

Таблицы отражаются в тексте статьи после первой ссылки или на следующей странице. Номер и название таблицы приводятся с левой стороны страницы (Таблица 1 – Название таблицы). В случае переноса таблицы на следующую страницу, столбцы нумеруются и на следующей странице с правой стороны указывается продолжение таблицы (Продолжение таблицы 1).

Порядок оформления литературы:

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- по тексту в квадратных скобках указывается порядковый номер работы, на которую дается ссылка;
- оформление литературы должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»;
- при оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).

Примеры оформления списка литературы

1. Аксартов Р.М. Метод количественного определения леукомизина / Аксартов Р.М., М.И. Айзиков, С.А. Расулова // Вестник КазНУ. Сер. хим. – 2003. – Т.1., № 8. – С. 40-41.
2. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополидемическая активность леуомизина / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.
3. Абимурдына С.Т. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства / С.Т. Абимурдына, Г.Е. Сыдыкова, Л.А. Оразбаева // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф. / КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 2010. – С. 10-13.
4. Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс] / Д.В. Соколовский. – 2006. – URL: http://bookchamber.kz/stst_2006.htm (дата обращения: 12.03.2009).

После представления автором статьи редакция журнала рассматривает поступившую работу в течение двух недель с целью проверки ее соответствия предъявляемым требованиям (антиплагиат, оформление, рецензирование и т.д.).

В случае положительного решения редакции журнала о принятии статьи, авторам направляется соответствующее сообщение для произведения оплаты публикации.

В случае несоответствия статьи требованиям журнала авторы будут извещены сообщением на электронную почту.

Редакция журнала самостоятельно направляет поступившую работу на рецензирование. В журнале применяется двойное слепое рецензирование (*Double-blind review*), то есть конфиденциально.

Редакция журнала осуществляет проверку статьи на наличие заимствований (используется лицензионное программное обеспечение). Оригинальность текста должна составлять **не менее 75%**. Доля самоцитирования в статьях не должна превышать 15%.

Статья, не набравшая необходимый процент оригинальности, направляется автору на доработку. Первая и вторая проверки осуществляются бесплатно, третья проверка – 2000 тенге. В случае получения отрицательного результата после третьей проверки, статья не допускается к публикации в журнале.

Образец оформления статьи

МРНТИ: 32.61.11

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования.....

Ключевые слова: среда, биолог, природа,.....

Введение

В формировании биогеохимических свойств компонентов ландшафта важную роль играет атмосферная, водная и биогенная миграция. Из всех природных вод наиболее заметные изменения наблюдаются в атмосферных осадках. Концентрация элементов в снеге зависит от температуры воздуха, направления розы ветров по отношению к источнику загрязнения, удаленности от него, рельефа местности [1]. Различия химического состава атмосферных осадков обусловлены сложными перемещениями воздушных масс. На рисунке 1 отображено содержание тяжелых металлов во льду водохранилищ.

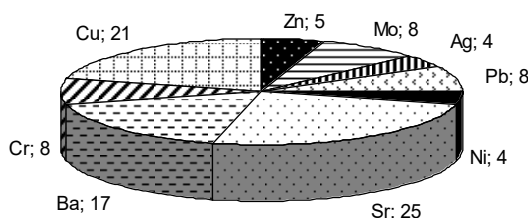


Рисунок 1 – Распределение содержания тяжелых металлов во льду водохранилищ Москворецкой системы

Методы исследования

Текст.....

Результаты исследований

Дождевые воды по составу сульфатно-гидрокарбонатно- и сульфатно-хлоридно-кальциевые. Минерализация их выше за счет концентрации в атмосфере пыли. Выявлено преобладание тяжелых металлов, рассчитанных при выпадении на единицу площади ландшафта, в дожде (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) по сравнению со снегом (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в снеге и дожде, кг/га

№	Тяжелые металлы	Снег	Дождь
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–

Примечание: *

Обсуждение научных результатов

Текст.....

Заключение

Текст.....

Список литературы

1. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гиполлипидемическая активность леуомизина / А.А. Курмуков. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.
2. Хрусталева М.А. Биогеохимическая миграция и аккумуляция тяжелых металлов в компонентах природных и антропогенных ландшафтов / М.А. Хрусталева // Сборник трудов 3-й Международной научной конференции. – г. Семей: Изд-во СГУ им. Шакарима, 2012. – Том 1. – С. 368-373.

References

1. Kurmukov A.A. Angioprotektornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Khrustaleva M.A. Biogeokhimicheskaya migratsiya i akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v komponentakh prirodnykh i antropogennykh landshaftov / M.A. Khrustaleva // Sbornik trudov 3-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – g. Semei: Izd-vo SGU im. Shakarima, 2012. – Tom 1. – S. 368-373.

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Искакова¹, А.К. Каримов³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

²Мәскеу мемлекеттік университеті,

119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз.

Түйін сөздер:.....

M. Smagulov^{1*}, S. Zaitsev², M. Iskakov¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

²Moscow State University, Moscow, Russia

119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

³Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

*e-mail: smagulov@mail.ru

BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....

Key words:.....

Сведения об авторах

Максат Ануарбекович Смагулов* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна Искакова – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

Авторлар туралы мәліметтер

Максат Ануарбекович Смагулов* – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна Искакова – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

Information about the authors

Maksat Smagulov* – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Sergei Zaitsev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Marjan Iskakova – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Aitbek Karimov – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

RULES FOR AUTHORS

A scientific article should be a textual material of the initial, intermediate or final results of a scientific research, experimental or analytical activity, containing author's developments, conclusions, recommendations that have not been previously published and have novelty. A scientific article also includes a work devoted to the study and analysis of previously published scientific results related to a common theme (review article), which provides generalizing conclusions and recommendations.

In the scientific journal "Bulletin of Shakarim University". Series of technical sciences" accepts manuscripts in Kazakh, Russian, English.

Periodicity of the journal – 1 time per quarter (4 issues per year).

The article is submitted in electronic format (.doc, .docx, .rtf) by downloading through the functionality of the journal website tech.vestnik.shakarim.kz

To work with the portal, you need to register on the site tech.vestnik.shakarim.kz

Articles in the following areas are accepted for publication in the journal:

- Automation and information technology
- Mathematical and statistical methods in engineering, technique and technology
- Engineering and mechanics
- Manufacturing and Processing Industries
- Food engineering and biotechnology
- Technical physics and Thermal power engineering
- Chemical Technology

Requirements for the formalization of materials

The article is drawn up with the following margins: indent from the edge of the sheet – 2.0 cm. Font size – 11, line spacing – 1.0, typeface – Arial.

Structure of a scientific article

- ISTIR index (international scientific and technical information rubric) – indicated from the left edge of the page. To assign an ISTIR index to an article, you need to use the site www.grnti.ru.
- Information about the authors – written on the next line in the center
 - initials and surname of the author (s) of the article (first write the initials, then the surname – A. Kaliev), font selection – bold;
 - place of work of the author(s) – the name of the university (organization), city, country;
 - contact information (e-mail) of the corresponding author.
- Title of the article (title) – next line, highlighted in bold, center alignment. It should accurately reflect the content, be short and concise. Shortening of words in the title is not allowed.
- Annotation - a summary of the main essence of research, methods and objects of research, the most important results, their significance, scientific and practical value. The annotation is placed one line after the title of the article in italics. The volume of the abstract is 150-300 words.
- Keywords are designed to search for an article and determine its subject area. The number of keywords - 5-8, are written in italics.
- The main text of the article – through the line:
 - Introduction – a reflection of relevance;
 - Conditions and methods of research;
 - Research results;
 - Discussion of scientific results;
 - Conclusion;
 - The list of references is drawn up in the language of writing the article and in English.
- Funding information (in the presence).
- At the end of the article, the initials and surname, academic degree, title, place of work of the author(s) are given; the name of the university (organization), city, country; contact information (e-mail) for each author; title (heading) of the article; annotation; keywords in two languages distinct from the language of the article (Kazakh/Russian, English).

The volume of materials, as a rule, should not be less than 3 pages and not more than 8 pages, including text, figures, tables.

The number of authors should not exceed **5 people**.

Drawings, maps, photographs, tables, formulas are recommended to be done using computer technology and placed in the article as they are mentioned. Sequential numbers of figures are indicated by Arabic numerals, the name of the figure is given in the center under the figure (Figure 1 – The title of the figure).

Tables are reflected in the text of the article after the first link or on the next page. The number and title of the table are given on the left side of the page (Table 1 – The title of the table). If the table is transferred to the next page, the columns are numbered and on the next page, on the right side, the continuation of the table is indicated (Continuation of table 1).

The order of registration of literature:

- literature is arranged as it is mentioned in the text;
- the text in square brackets indicates the serial number of the work to which the link is given;
- the design of the literature should be carried out in accordance with the requirements of GOST 7.1-2003 «Bibliographic record. Bibliographic description. General requirements and rules for drafting»;
- when preparing referenced literature, provide a complete list of the authors of the publication (without others).

Examples of designing a list of references

1. Aksartov R.M. Metod kolichestvennogo opredeleniya leukomizina / Aksartov R.M., M.I. Aizikov, S.A. Rasulova // Vestnik KaZNU. Ser. khim. – 2003. – T.1., № 8. – S. 40-41.
2. Kurmukov A.A. Angioprotektornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
3. Abimul'dina S.T. Funktsionirovanie i razvitie infrastruktury sakharnogo proizvodstva / S.T. Abimul'dina, G.E. Sydykova, L.A. Orazbaeva // Innovatsiya v agrarnom sektore Kazakhstana: Mater. Mezhdunar. konf. / KaZNU im. al'-Farabi. – Almaty, 2010. – S. 10-13.
4. Sokolovskii D.V. Teoriya sinteza samoustanavlivayushchikhsya kulachkovykh mekhanizmov privodov [Elektron. resurs] / D.V. Sokolovskii. – 2006. – URL: http://bookchamber.kz/stst_2006.htm (data obrashcheniya: 12.03.2009).

After the submission of the article by the author, the editors of the journal review the submitted work within two weeks in order to check its compliance with the requirements (anti-plagiarism, design, review, etc.).

In case of a positive decision of the editorial board of the journal to accept the article, the authors are sent a corresponding message to pay for the publication.

In case of non-compliance of the article with the requirements of the journal, the authors will be notified by e-mail.

The editorial board of the journal independently sends the received work for review.

The journal uses *double-blind review*, that is, it is confidential.

The editorial board of the journal checks the article for borrowings (licensed software is used). The originality of the text must be **at least 75%**. The share of self-citations in articles should not exceed 15%. An article that does not reach the required percentage of originality is sent to the author for revision. The first and second checks are free of charge, the third check is 2000 tenge. If a negative result is obtained after the third check, the article is not allowed for publication in the journal.

Sample design of the article

IRSTI: 32.61.11

M. Smagulov¹, S. Zaitsev², M. Iskakova¹, A. Karimov³

¹Shakarim University of Semey

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A, Glinki str.

²Moscow State University,

119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiye Gory, 1, str.

³Kazakh al-Farabi National University

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

Annotation: The article presents the results of the study.....

Key words: environment, biologist, nature,.....

Introduction

Atmospheric, water, and biogenic migration plays an important role in the formation of the biogeochemical properties of landscape components. Of all natural waters, the most noticeable changes are observed in precipitation. The concentration of elements in the snow depends on the air temperature, the direction of the wind rose in relation to the source of pollution, the distance from it, and the terrain [1]. Differences in the chemical composition of precipitation are due to complex movements of air masses. Figure 1 shows the content of heavy metals in the ice of reservoirs.

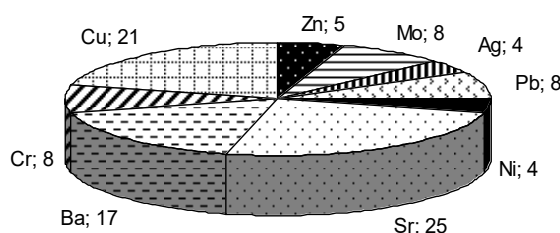


Figure 1 – Distribution of heavy metals in the ice of reservoirs of the Moskvoretskaya system

Research methods

Text.....

Research results

Rain waters are sulfate-bicarbonate- and sulfate-chloride-calcium in composition. Their mineralization is higher due to the concentration of dust in the atmosphere. The predominance of heavy metals calculated for precipitation per unit area of the landscape was revealed in rain (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) compared to snow (Table 1).

Table 1 – Content of heavy metals in snow and rain, kg/ha

No	Heavy Metals	Snow	Rain
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–

Note: *

Discussion of scientific results

Text.....

Conclusion

Text.....

References

1. Kurmukov A.A. Angioprotekornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina / A.A. Kurmukov. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Khrustaleva M.A. Biogeokhimicheskaya migratsiya i akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v komponentakh prirodnikh i antropogennykh landshaftov / M.A. Khrustaleva // Sbornik trudov 3-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. – g. Semey: Izd-vo SGU im. Shakarima, 2012. – Tom 1. – S. 368-373.
3. ...

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²Мәскеу мемлекеттік университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз.

Түйін сөздер:.....

М.А. Смагулов^{1*}, С.А. Зайцев², М.М. Исакова¹, А.К. Каримов³

¹Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинка, 20 А

²Московский государственный университет,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

*e-mail: smagulov@mail.ru

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования.....

Ключевые слова: среда, биолог, природа,.....

Information about the authors

Maksat Smagulov* – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Sergei Zaitsev – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Marjan Iskakova – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>

Aitbek Karimov – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>

Сведения об авторах

Максат Ануарбекович Смагулов* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна Исакова – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

Авторлар туралы мәліметтер

Максат Ануарбекович Смагулов* – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6369-3690>.

Сергей Александрович Зайцев – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-0461>.

Маржан Муратовна Исакова – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4787-4966>.

Айтбек Калиевич Каримов – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-2266>.

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Д.Ш. Мусина, Д.О. Кожаметова, Е.А. Оспанов, Т.С. Жылқыбаев ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.....	5
К.Е. Икласова, А.К. Шайханова, М.Ж. Базарова, Р.М. Ташибаев, А.С. Казанбаева ОБЗОР РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ: МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ.....	12
A.Shaikhanova, K. Iklassova, I. Uvaliyeva, R. Kyrgyzbaeva, K. Myrzakhanov ANALYTICAL REVIEW OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES USAGE IN EDUCATION.....	21
А.К. Шайханова, Р.А. Буденов, О.Ш. Сатиев, Д.А. Тлепов, А.К. Тоққулиева ҚАУІПСІЗ СМАРТФОНДЫ ЖОБАЛАУ ҮШІН WI-FI ЖӘНЕ LTE СЫМСЫЗ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ОСАЛДЫҒЫН ТАЛДАУ.....	31
A.K. Kalpen, E.T. Matson, A.K. Zhumadillayeva, K.A. Dyussekeyev SEQUENCE RECOGNITION USING FINITE AUTOMATA WITH MACHINE LEARNING.....	40
Г.М. Баенова, К.С. Агадилова, Ш.Ж. Сеилов, Н. Ұзаққызы ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	49

МАШИНА ЖАСАУ ЖӘНЕ МЕХАНИКА

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕХАНИКА

А.Б. Советканов, Е.Я. Шаяхметов, Р.А. Советбаев КОНВЕЙЕРЛЕРДІҢ АЙНАЛМАЛЫ ТОРАПТАРЫНЫҢ ҰЗАҚТЫҒЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ РЕСУРСЫН АРТТЫРУ ТӘСІЛДЕРІ.....	57
М.К. Шаяхметова, А.Л. Касенов, Б.А. Лобасенко, Г.Б. Абдилова, Н.К. Ибрагимов РАСЧЕТ ШНЕКА-ПИТАТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ.....	66
А.Ж. Жасұлан, А.Б. Шынарбек, К.Д. Орманбеков, Н. Серікбекұлы, Е.М. Мухаметов ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ТИТАНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ....	72
A.D. Suleimenov, S.R. Baigereyev, G.A. Guryanov PRECONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW MILL DESIGN WITH A V-SHAPED CHAMBER.....	78
А.Р. Шалғынбаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ КРИМИНАЛИСТИКИ: ENCASE И FTK IMAGER ..	86
Е.М. Ағзам, Р.К. Кусаинов, А.К. Какимов, А.Е. Еренғалиев, Н.К. Ибрагимов РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА СУШКИ КУРТА.....	93

ТАМАҚ ИНЖЕНЕРИЯСЫ ЖӘНЕ BIOTEХНОЛОГИЯ

ПИЩЕВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И BIOTEХНОЛОГИЯ

А.К. Ахметжанова, А.И. Изтаев, Г.И. Байгазиева, С.М. Шинтасова, Людек Гривна ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТЕРІН СЫРА АШЫТҚЫЛАРЫ ДАҚЫЛЫН КӨБЕЙТУ ҮШІН ҚОЛДАНУ.....	101
Қ.Р. Қырықбай, А.А. Жельдыбаева, Ш.С. Аманова, Н. Ерланқызы КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ БИОЫДЫРАЙТЫН ТАҒАМ ҚАПТАМАЛАРЫ.....	111
А.Е. Абдугамитова, А.Д. Серикбаева, Б.М. Искаков ИССЛЕДОВАНИЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ КОЗ В ПЕРИОДЕ ЛАКТАЦИИ НА ФЕРМЕ «ОРДАБАСЫ MILK» ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	118
С.Е. Аман, У.О. Тунгышбаева, М.К. Услу, А.Ә. Жанболат АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІН САҚТАУДА БИОЛОГИЯЛЫҚ ҮДІРАЙТЫН ҚАПТАМАЛАРДЫҢ РӨЛІ...	124
Г.Д. Акшораева, М.М. Какимов, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Искаков, Б.Т. Рзаев ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРЕЧНЕВОЙ МУКИ НА КУКУРУЗНЫЙ ЗЕИН.....	134
Е.С.Жарыкбасов, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова, Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕРМЕНТАМИ.....	141
Е.М. Ағзам, Р.К. Кусаинов, А.К. Какимов, А.Е. Еренгалиев, Н.К. Ибрагимов ПРИМЕНЕНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КУРТА ДЛЯ СУШКИ ФРУКТОВ, ЗЕЛЕНИ И ОВОЩЕЙ	149
Б.М. Хамитова, А.Р. Тасполтаева, Г.А. Кожабекова ӨСІМДІК ҚОСПАЛАРЫ ҚОСЫЛҒАН САЛЬТИСОН ӨНДІРІСІНДЕ ТАУЫҚ СУБӨНІМДЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	157
Г.Т. Жуманова, Б.М. Кулуштаева, Ф.Х. Смольникова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ТР ТС 021/2011.....	164
А.Т. Қабденова, Г.О. Мирашева, Ж.Х. Какимова, А.Е. Бепеева, Г.Н. Раимханова ӨСІМДІК ТЕКТЕС ШИКІЗАТТАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСПА НЕГІЗІНДЕ ЙОГУРТ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	171
А.К. Суйчинов, Ә.К. Оқусханова, Г.А. Капашева, Г.Е. Жүзжасарова, С.Н. Туменов СЕМЕЙ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ТАУЫҚ ПЕН ҮЙРЕК ЕТТЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ СУБӨНІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ.....	179
Г.Х. Оспанкулова, М. Мұратхан, В. Ли, А.М. Байкадамова, Е.Е. Ермеков МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИЩЕВЫХ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПШЕНИЧНОГО КРАХМАЛА И PCL.....	187
Zh.S. Nabiyeva, E.K. Assembayeva, Yu.G. Pronina, A.I. Samadun, A.A. Kulaipbekova ASSESSMENT OF QUALITY AND FOOD SAFETY OF LOCAL PLANT RAW MATERIALS FOR ENRICHMENT OF CONFECTIONERY PRODUCTS.....	196
Zh.A. Abish, R.S. Alibekov, A.U. Shingisov, A.A. Utebaeva DEVELOPMENT OF HACCP PLAN FOR MOUSSE FROM WHEY WITH ADDITION OF PLANT RAW MATERIAL.....	204
Н.А. Алдабергенова, Ә.Л. Қасенов «СУ-ВИД» ӘДІСІ БОЙЫНША ДАЙЫНДАЛҒАН СИЫР ЕТІ, ҚОЙ ЕТІ ЖӘНЕ ТАУЫҚ ЕТІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІ.....	210

Г.Х. Оспанкулова, М. Мұратхан, В. Ли, Е.П. Евлампиева, Е.Е. Ермаков БИОРАЗЛОЖЕНИЕ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА И МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА.....	217
Г.Е. Исламова, А. А. Утебаева, А.Р. Тасполтаева, А.У.Шингисов ЕТ КОТЛЕТТЕРІНІҢ ЖАҢА ТҮРІН ЖАСАУ ЖӘНЕ ӨНІМНІҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	225
Д.С. Свидерская, А.М. Шуленова, Е.Ф. Красноперова КОМПОЗИЦИЯ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ ПЛОДОВ И ЯГОД ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МЯСА И МОЛОКА.....	233
A.A. Makenova, S.D. Mussayeva, G.T. Tumenova, S.N. Tumenov STUDY OF THE EFFECT OF SUCROSE USED IN THE FERMENTATION OF VIGNA RADIATA SEEDS ON ELEMENTAL AND MINERAL COMPOSITION.....	241
А.А. Мирзакулова, Т.Е. Сарсембаева, Б. Калемшарив ИТМҰРЫНМЕН БАЙЫТЫЛҒАН САРЫСУДЫ ӨНДІРУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ.....	248
А.М. Муратбаев, А.К. Какимов, А.А. Майоров, Г.А. Жумадилова, Б.А. Идырышев СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕРДІ ӨЗІРЛЕУДЕ QFD ТАЛДАУДЫ ПАЙДАЛАНУ.....	260
M.K. Kassymova, A.K. Mamyrbekova, G.E. Orymbetova, Z.I. Kobzhasarova, B.T. Yeshimbetova PLANT BASE FOR THE BEVERAGE.....	267
А.А. Рзабек, А.Л. Қасенов ӨСІМДІК МАЙЫН ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚ РЕЦЕПТУРАСЫНА ҚОСУДЫҢ МАҢЫЗЫ.....	274
Ф.Х. Смольникова, А.С. Смагулова, Б.К. Асенова, Г.Т. Туменова, Г.Т. Жуманова ЛАМИНАРИЯМЕН МАКАРОН ӨНІМДЕРІНІҢ ТҰТЫНУШЫЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	280
К.Ж. Тлеуова, А.У. Шингисов, А.К. Тулекбаева, С.С. Ветохин, И.В. Подорожня ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ЗАМЕРЗАНИЯ	289
С.С. Толеубекова, Ә.Е. Әліпов, Е.С. Жарыкбасов, М.М. Джумажанова, А.Т. Қабденова ГРЕК ЙОГУРТЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ САРЫСУЫНДАҒЫ АҚУЫЗ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ	298
А.О. Утегенова, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, Б.М. Кулуштаева, Ж.Б. Асиржанова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	305
Ж. Қалибекқызы, Ш.К. Жакупбекова, М.Б. Ребезов, Ф.Х. Смольникова, А.О. Майжанова ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КУРТА.....	312

ТЕХНИКАЛЫҚ ФИЗИКА ЖӘНЕ ЖЫЛУЭНЕРГЕТИКАСЫ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, Ж.Қ. Акишов*, А.Д. Амандинова, В.Е. Карпов К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТЕКЛОПАКЕТОВ НА ОБЩИЕ ТЕПЛОПОТЕРИ ЗДАНИЙ	323
Г.М. Кудайбергенова, Р.А. Советбаев, Е.З. Нугман ДАЙЫНДАМАЛАРДЫҢ НАНОҚҰРЫЛЫМДЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ҚАРҚЫНДЫ ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ ӨДІСТЕРІМЕН ШЕШУ.....	329

N. Kadyrbolat, R. Kurmangaliyev, Z. Satbayeva, A. Shynarbek, D. Zhasbolatov THE INFLUENCE OF ELECTROLYTIC PLASMA HARDENING ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF WORKING PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY.....	335
B.K. Rakhadilov, R.K. Kussainov, R.K. Kurmangaliyev, M.N. Azlan, N.E. Musataeva THEORETICAL STUDIES OF THERMAL PROCESSES IN ELECTROLYTIC-PLASMA HARDENING	342
Е.Н. Мясоедова, Ж.К. Алдажуманов, Д.В.Мясоедов, А.Н. Шалаганова, А.Е. Сатыбалдинова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕЛЕФОНОВ.....	352
Т. Тусеев, А.А. Куйкабаева, Л.Б. Тулеуова, О.М. Досжанов, Э.М. Зульбухарова СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ИТТРИЛІ КЕРАМИКАНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӨСЕРІ.....	359

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А.Ж. Жолдасбай, Г.А. Сейтимова, А.А. Тургумбаева, Г.Ш. Бурашева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ <i>CALLIGONUM SETOSUM</i> LITV.....	366
А.О. Оразымбетова, Г.Ф. Сагитова, А.С. Сидиков, С.А. Сакибаева, А.Б. Иса ЦЕОЛИТТЕРДІҢ ӘР ТҮРЛІ САЛАЛАРДА ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ (ШОЛУ).....	376
М.Н. Сыздыкова, А.У. Исаева АҒЫНДЫ СУДЫ ТАЗАЛАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН <i>ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS</i> ACH 1 БАКТЕРИЯЛЫҚ ШТАМЫНЫҢ ТЕМІРДІ БИОХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	398
D.Kh. Yuldashbek, D.K. Sunakbaeva EFFECTS OF PHYTOREMEDIATION ON ENZYMATIC ACTIVITY AND FERTILITY RESTORATION IN CADMIUM-CONTAMINATED SOIL.....	403
И.О. Сапаргали, К.С. Бексеитова, У.Е. Жантیکеев, Н.Н. Нурғалиев, С. Азат КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ.....	412
А.Т. Табынбаева, К. Тоштай, Н.А. Ахметов, К.Т. Тастамбек, Ж.Т. Тауанов СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КРАСИТЕЛЯ КОНГО КРАСНОГО (Congo Red)	420
АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ.....	430
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ.....	435
RULES FOR AUTHORS.....	440

Басуға жіберілген күні 27.12.2024 ж. Пішімі 60x84 1/8
Шартты баспа табағы 28
Таралымы 100 дана. Бағасы келісімді.

Техникалық редакторы: Е.П. Евлампиева, З.Т. Семейская
Безендіруші: С.Т. Мырзабеков

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің
Ақпарат комитетінде тіркелген
Есепке қою туралы куәлік № KZ93VPY00033663 19.03.2021 ж.

Жылына 4 рет шығады

Құрылтайшысы: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғам

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің
баспаханасында басылды

Редакцияның мекен-жайы: 071412, Абай облысы,
Семей қаласы, ул. Глинки, 20 А
Тел.: +7 (7222) 31-32-49, эл.почта: rio@semgu.kz