

НАО «Университет имени Шакарима города Семей»

УДК 637.138: 637.136: 637.146.34

На правах рукописи

ДЖУМАЖАНОВА МАДИНА МУРАТОВНА

**Разработка технологии питьевого йогурта с инкапсулированными
пробиотическими культурами**

6D072700 - Технология продовольственных продуктов

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:
Какимов А.К., д.т.н., профессор,
НАО «Университет имени Шакарима
города Семей», Казахстан;
Майоров А.А., д.т.н., профессор,
СибНИИС ФГБНУ
«Федеральный Алтайский научный
центр агробιοтехнологий»,
Барнаул, Россия

Республика Казахстан
Семей, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
	ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
	ВВЕДЕНИЕ	8
1	ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1	Пробиотики - функциональные пищевые ингредиенты	12
1.2	Механизмы воздействия пробиотических бактерий на организм	17
1.3	Аспекты решения проблемы выживаемости пробиотических культур	20
1.4	Современное состояние и перспективы использования пропионовокислых бактерий	23
1.5	Применения процесса инкапсулирования пробиотиков при производстве кисломолочных продуктов	27
1.5.1	Полимерные материалы для инкапсулирования пробиотиков	32
1.5.2	Методы инкапсулирования пробиотиков	38
	Заключение и выводы по литературному обзору	45
2	МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	47
2.1	Организация эксперимента, объекты и методы исследования	47
2.2	Методы исследований	49
2.2.1	Методы отбора проб	49
2.2.2	Методы определения химического состава и физико-химических свойств	49
2.2.3	Методика пробоподготовки и измерения на низковакуумном аналитическом растровом электронном микроскопе	50
2.2.4	Методы получения и исследования инкапсулированных форм микроорганизмов	51
2.2.4.1	Получение капсул	51
2.2.4.2	Получение инкапсулированных пробиотиков	53
2.2.5	Микробиологические методы анализа	53
2.2.5.1	Подготовка культуры	53
2.2.5.2	Определение устойчивости клеток пробиотиков к условиям модельной среды, имитирующей желудочно-кишечный тракт человека	54
2.2.5.3	Определение степени высвобождения клеток пробиотиков из капсул	54
2.2.6	Определение упругопластической деформации капсул	54
2.2.7	Определение вязкости питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	56
2.3	Интегральная оценка сбалансированности продукта	56

3	ИНКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИКА Р. FREUDENREICH И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ЕГО В МОДЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ИМИТИРУЮЩИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЙ ТРАКТ	59
3.1	Исследование и обоснование выбора материалов используемых для инкапсулирования	59
3.2	Исследование и обоснование выбора пробиотиков для инкапсулирования	66
3.3	Исследование жизнеспособности инкапсулированных пробиотиков в модельной среде имитирующий желудочно-кишечный тракт	70
3.4	Исследование хранимоспособности инкапсулированных пробиотиков	72
	Основные выводы по разделу	74
4	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИТЬЕВОГО ЙОГУРТА С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ПРОБИОТИКАМИ	75
4.1	Разработка технологии получения инкапсулированных пробиотиков	75
4.2	Определение оптимальной дозы вносимых инкапсулированных пробиотиков в питьевой йогурт	76
4.3	Разработка технологии и рецептуры питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	78
4.4	Исследование органолептических, физико-химических, микробиологических показателей питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	82
4.5	Пищевая, биологическая и энергетическая ценности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	83
4.6	Исследование процесса хранения питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	88
4.7	Определение вязкости питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	90
4.8	Интегральная оценка сбалансированности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	91
4.9	Производственные испытания и внедрение результатов исследований	95
4.9.1	Расчет себестоимости и отпускной цены питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками	96
	Основные выводы по разделу	99
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	101
	ПРИЛОЖЕНИЯ	113

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17164-71 Молочная промышленность. Производство цельномолочных продуктов из коровьего молока. Термины и определения.

ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу.

ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

ГОСТ 3625-84 Молоко и молочные продукты. Метод определения плотности.

ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества.

ГОСТ 9225-84 Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа.

ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов.

ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 3.

ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.

ГОСТ 32901-2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа.

ГОСТ 26670-91 Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов.

ГОСТ 34372-2017 Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия.

ГОСТ 26754-85 Молоко. Метод измерения температуры.

ГОСТ 26781-85 Молоко. Метод измерения pH.

ГОСТ 28283 – 89 Молоко коровье. Метод органолептической оценки запаха и вкуса.

ГОСТ 30347-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения *Staphylococcus aureus*.

ГОСТ 30518-97 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

ГОСТ 30519-97 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода *Salmonella*.

ISO 2446:2008 (IDF 226: 2008) Молоко. Метод определения жирности.

ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного Союза от 9 декабря 2011 г. № 880.

ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Биополимеры - класс полимеров, встречающихся в природе в естественном виде, входящие в состав живых организмов: белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, лигнин.

Инокулят - суспензия живых клеток, вводимая в питательную среду с целью получения новой культуры микроорганизма.

Инкапсулирование – это физико-химический или механический процесс заключения мелких частиц вещества (твердого, жидкого или газообразного) в оболочку из пленкообразующего материала для получения частиц диаметром от нескольких нанометров до нескольких миллиметров.

Иммобилизация - это прикрепление клеток микроорганизмов или ферментов к нерастворимым носителям.

Лактобактерии (лат. *Lactobacillus*) - род грамположительных анаэробных неспорообразующих молочнокислых бактерий.

Микробиоценоз - (микробное сообщество, ассоциация) - совокупность популяций разных видов микроорганизмов, обитающих в определенном биотопе (например, в полости рта, в водоеме).

Микроорганизмы - мельчайшие живые организмы, большинство которых невидимы невооруженным глазом.

Нутриенты – питательные вещества.

Предельно допустимая концентрация – это научно обоснованная максимальная концентрация химических соединений, которая при ежедневном или периодическом воздействии на человека в течение длительного времени или всей жизни не вызывает в его организме каких-либо заболеваний или патологических изменений.

Пищевая ценность - основная характеристика пищевого продукта: количество содержащихся в нем пищевых веществ (белков, жиров и др.) и их соотношение.

Пищевые волокна - компоненты пищи, не перевариваемые пищеварительными ферментами организма человека, но перерабатываемые полезной микрофлорой кишечника.

Пробиотики - живые микроорганизмы, которые при применении в адекватных количествах оказывают благотворное влияние на здоровье человека.

Пропионовокислые бактерии или пропионибактерии (лат. *Propionibacterium*) — род грамположительных факультативных анаэробных неподвижных бактерий, синтезирующих в процессе метаболизма пропионовую кислоту.

Функциональные продукты питания - специальные пищевые продукты, предназначенные для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, обладающие

научно обоснованными (в единичных случаях) и подтвержденными свойствами, снижающие риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающие дефицит или восполняющие имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ, сохраняющие и улучшающие здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов.

Штамм - чистая культура вирусов, бактерий, других микроорганизмов или культура клеток, изолированная в определённое время и в определённом месте.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

GRAS – (Generally Regarded as safe), означающий международное признание их безопасности и разрешающий их неограниченное использование в пищевой и фармацевтической промышленности;

QPS - (Qualified presumption of safety) - это предположение о безопасности, основанное на разумных доказательствах. Если в результате оценки группы микроорганизмов сделан вывод о том, что они не вызывают проблем с безопасностью, группе предоставляется «статус QPS»

K – титруемая кислотность, °T;

τ– время, с;

in vitro – это технология выполнения экспериментов, когда опыты проводятся «в пробирке» — вне живого организма;

in vivo - «в (на) живом»), то есть «внутри живого организма» или «внутри клетки». Обозначает проведение экспериментов на (или внутри) живой ткани при живом организме;

SGF (simulated gastric fluid) – среда с pH 2,0. Применяется как имитированная среда желудка;

SIF (simulated intestinal fluid) – среда с pH 7,2. Применяется как имитированная среда тонкого отдела кишечника;

W_b – массовая доля белка, %; $W_{вл}$ – массовая доля влаги, %;

$W_{с.в.}$ - массовая доля сухих веществ, %;

АПК – агропромышленный комплекс;

БАД – биологически активная добавка;

БАВ – биологически активное вещество;

БГКП – бактерии группы кишечных палочек (колиформы);

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;

ИРЛИП НЦРЭИ - Испытательная региональная лаборатория инженерного профиля «Научный центр радиэкологических исследований»;

КОЕ – колониобразующая единица;

Ккал – килокалория;

КМАФАнМ- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

МОН РК – Министерство образования и науки Республики Казахстан;

МДУ – максимально допустимый уровень;

НТД – научно – техническая документация;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток;

СТ – стандарт;

ТУ – техническое условие;

ФАО – продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В послании Первого Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции» от 10 января 2018 года ставилась задача производство экологически чистых продуктов питания [1]. С этой целью, Министерство здравоохранения и социального развития разработала проект государственной программы здравоохранения «Денсаулык» на 2016-2020 годы, где основной задачей является укрепление здоровья населения Республики Казахстан [2]. В соответствии с программой развития Агропромышленного комплекса страны «Агробизнес-2020» одним из показателей макроэкономического и социального влияния реализации программы является обеспечение внутреннего рынка по основным продовольственным продуктам на уровне 80%. Молочная промышленность, обеспечивающая население основными продуктами питания, является одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса страны [3].

Ведущая роль в решении проблемы обеспечения внутреннего рынка Республики Казахстан экологически чистыми продуктами питания принадлежит молочной промышленности, которая снабжает население продуктами питания общего и специального назначения. Молочные продукты - продукты повседневного спроса, обеспечивающие организм жизненно важными веществами. В течение последнего десятилетия наблюдаются явные изменения в понимании роли пищевых продуктов в укреплении здоровья человека. Первая граница научных исследований перешла от основной роли пищи как источника энергии и веществ, формирующих организм, к более тонкому действию биологически активных компонентов пищи на здоровье человека. В промышленно развитых странах наблюдается рост интереса потребителей к активной роли пищевых продуктов в благополучии и продлении жизни, а также в предотвращении возникновения развития различных заболеваний. В результате был предложен новый термин «функциональное питание». Согласно определению, функциональная пища является частью ежедневного рациона и, как демонстрируется, обеспечивает пользу для здоровья и снижает риск хронических заболеваний помимо общепринятых пищевых эффектов [4,5].

В этой связи, проектирование функциональных продуктов питания, оказывающих регулирующее действие на физиологические функции, биохимические реакции и психосоциальное поведение человека через нормализацию его микроэкологического статуса является одним из приоритетных направлений современной пищевой промышленности.

Особая роль в функциональном питании отводится функциональным молочным продуктам, таким как кисломолочные продукты, в которых присутствие живых клеток пробиотиков является обязательным. Однако на сегодняшний день многочисленные исследования показывают, что значительная часть пробиотических клеток теряет свою активность вследствие

гибели микроорганизмов при хранении продуктов, а также в процессе прохождения через желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Причинами этого являются низкие значения рН желудка, влияние соляной кислоты и пепсина желудочного сока и т.д. Наиболее перспективным направлением для решения этой проблемы является использование частного случая процесса иммобилизации бактериальных клеток – инкапсулирования [6].

В связи с этим использование методов инкапсулирования пробиотиков для получения капсул и применение их в технологии кисломолочных продуктов для функционального назначения является актуальной.

Решение задач, поставленных в данной работе, основываются на фундаментальных трудах Гавриловой Н.Б., Воробьевой Л.И., Хамагаевой И.С., Глотовой И.А., Вотинцева Ю.П., Капрельянца Л.В., Воловика Т.Н., Vitaliy V. Khutoryanskiy, Krasaekoopt W., Charalampopoulos D., Cook M. T., Какимова А.К., Какимовой Ж.Х., Жарыкбасовой К.С., Бепеевой А.Е.

Определенная часть работ выполнялась в рамках научного гранта, финансируемого МОН РК по приоритетному направлению «Рациональное использование природных ресурсов, переработка сырья и продукции», предприятию «Технологии глубокой переработки сырья и продукции» по теме «Научно-практическое обоснование использования инкапсулированных синбиотических препаратов, обладающих иммуностимулирующей активностью, в производстве молочных продуктов» (2015-2017 гг., № госрегистрации 0115РК01199) (Приложение А).

Личный вклад автора заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований и обработке результатов; в проведении опытно-промышленных испытаний и практической реализации результатов.

Исходя из вышеизложенного, была сформулирована **цель диссертационной работы** – на основании теоретических и экспериментальных исследований разработать технологию производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками для функционального питания.

В соответствии с целью сформулированы **задачи исследований**:

- исследовать и обосновать выбор материалов используемых для инкапсулирования;
- исследовать и обосновать выбор пробиотиков для инкапсулирования;
- исследовать жизнеспособность инкапсулированных пробиотиков в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт.
- исследовать хранимоспособность инкапсулированных пробиотиков;
- разработать технологию питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками и исследовать его пищевую и биологическую ценность;
- исследовать хранимоспособность питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками;
- разработать и утвердить нормативно-техническую документацию на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками.

Научная новизна работы. Разработана технология и рецептура производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

На основе проведенных исследований подобраны биополимеры и пробиотики для инкапсулирования; исследована жизнеспособность клеток пробиотиков и высвобождение пробиотиков *Propionibacterium freudenreichii* из альгинатно - желатиновой капсулы в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт; получены инкапсулированные пробиотики на лабораторной установке для инкапсулирования, разработанной по гранту МОН РК, новизна которого подтверждена патентом на полезную модель РК № 3202 «Установка для производства капсул» (2018/0285.2, 24.04.2018); доказана необходимость применения процесса инкапсулирования пробиотиков с целью его дальнейшего использования при производстве питьевого йогурта; исследована хранимоспособность инкапсулированных пробиотиков и питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками. На основании полученных данных, разработана технология питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, новизна которого подтверждена патентом на полезную модель РК № 4286 «Способ производства йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами» (2019/0508.2, 04.06.2019).

Область применения: результаты исследований могут быть использованы в условиях крупных и мелких молокоперерабатывающих предприятий, в мини-цехах общественного питания, в научно-исследовательских целях.

Практическая ценность работы. Разработана технология получения питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками. На основании экспериментальных исследований разработана и утверждена нормативно-техническая документация (СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019). Промышленная апробация разработанной технологии проведена в молочном цехе крестьянского хозяйства «Каликанулы» (г. Семей). Производственная апробация установки была проведена в Семейском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности».

Апробация работы. Основные результаты исследований обсуждены на Международных и Республиканских конференциях: International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJTEE) (Индия, г.Бхопал, 2019 г.); XV Международной научно-практической конференции «Научная индустрия европейского континента – 2019» (Прага, 2019 г.); «Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока» Сборник научных трудов конференции, посвященный 60-летию отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА (Барнаул, 2018 г.); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания», посвященного 60-летию со дня окончания Омского сельскохозяйственного института, академиком РАН, д-ром техн. наук, профессором Храмцова А.Г (Омск, 2019 г.); «Пищевые инновации и биотехнологии» VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово,

2019 г.); «Казахстан-холод 2017» (Алматы, 2017 г.); «Казахстан - Холод 2019» (Алматы, 2019г.).

Публикации. По результатам научно – исследовательских работ опубликовано 19 научных работ, из них 2 статьи в журналах, входящих в международную базу Scopus, 5 статей в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 5 статей в материалах Международных конференций, в т.ч. 2 статьи в материалах Международной конференции дальнего зарубежья, 4 статьи в других научных изданиях РК, 1 монография; 1 патент № 4286 на полезную модель «Способ производства йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами»; 1 патент №3202 на полезную модель «Установка для производства капсулированных продуктов».

Положения, выносимые на защиту:

- процесс инкапсулирования пробиотиков и его жизнеспособность в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт;

- технология производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 158 страницах, включает 22 таблиц, 26 рисунков и 11 приложений.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Пробиотики - функциональные пищевые ингредиенты

В промышленно развитых странах функциональные продукты стали частью повседневного рациона и продемонстрировали потенциальную пользу для здоровья. Термин «функциональные продукты» был введен в Японии в середине 1980-х годов. Этот тип продуктов питания известен на японском рынке как «Продукты для специального медицинского применения». Таким образом, пищу можно рассматривать как функциональную, если она удовлетворительно демонстрирует, что она благотворно влияет на одну или несколько целевых функций в организме, помимо адекватных пищевых воздействий; который имеет отношение к поддержанию или продвижению состояния благополучия и здоровья или снижению риска заболевания [7].

Функциональность функциональных пищевых продуктов основана на биоактивных компонентах, часто содержащихся в продукте естественным образом, но обычно требующих добавления определенного ингредиента для оптимизации полезных свойств. В категорию функциональных пищевых продуктов входят:

- 1) обычные продукты с биологически активными веществами природного происхождения (например, пищевые волокна);
- 2) продукты с добавками биологически активных веществ (например, пробиотики, антиоксиданты);
- 3) введенные производные пищевые ингредиенты к обычным продуктам питания (например, пребиотики).

В настоящее время наиболее важными и часто используемыми функциональными пищевыми ингредиентами являются пробиотики, которые в настоящее время используются для потребления человеком в виде кисломолочных продуктов и йогуртов [8].

Термин «пробиотик» является относительно новым словом, означающим «для жизни», и в настоящее время он используется для обозначения бактерий, связанных с благотворным воздействием на людей и животных. Первоначальное наблюдение положительной роли, которую играют некоторые отобранные бактерии, приписывается Илье Мечникову, лауреату Нобелевской премии, работавший в Институте Пастера в начале прошлого века, который предположил, что «зависимость кишечных микробов от пищи позволяет принимать меры для изменения флоры в нашем организме и замены вредных микробов полезными микробами» [9].

Во время научной демонстрации Мечникова о преимуществе молочнокислых бактерий, французский педиатр Henry Tissier, работая независимо, заметил, что у детей с диареей в их стуле небольшое количество бактерий, характеризующихся своеобразной Y-образной морфологией. Эти «бифидобактерии», напротив, были в изобилии у здоровых детей [10]. Он

предположил, что эти бактерии можно вводить пациентам с диареей, чтобы помочь восстановить здоровую флору кишечника.

Работы Metchnikoff и Tissier были первыми, кто сделал научные предположения относительно пробиотического использования бактерий, даже если слово «пробиотик» не было придумано до 1960 года, чтобы назвать вещества, продуцируемые микроорганизмами, которые способствовали росту других микроорганизмов. В 1965 году термин «пробиотики» впервые был использован Lilly и Stillwell [11] в другом контексте для обозначения «веществ, выделяемых одним организмом, которые стимулируют рост другого». Спустя девять лет Parker [12] описал пробиотики как «организмы и вещества, которые способствуют микробному балансу кишечника». Fuller 1989 году [13], чтобы указать на микробную природу пробиотиков, переопределил это слово как «живая микробная кормовая добавка, которая благотворно влияет на животное-хозяина, улучшая его кишечный баланс». Подобное определение было предложено Havenaar и Huis in 't Veld 1992 году [14], «жизнеспособная моно- или смешанная культура бактерий, которая при применении к животному или человеку благотворно влияет на хозяина, улучшая свойства местной флоры». Ученые Guarner и Schaafsma (1998) дали новое определение, что «живые микроорганизмы, которые при потреблении в достаточных количествах оказывают воздействие на здоровье хозяина» [15].

Поскольку исследования пробиотиков становятся все более заметными и подтверждают достоверность доказательств в отношении пробиотиков, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций и Всемирная организация здравоохранения (ФАО/ВОЗ) в 2001 году организовали Консультацию экспертов. Во время консультации было принято согласованное определение пробиотиков как «живых микроорганизмов, которые при введении в адекватных количествах приносят пользу для здоровья хозяина» [16]. В настоящее время это широко используемое и общепринятое определение, поскольку оно охватывает все области применения живых микробов, а не только те, которые полезны для кишечника.

Принимая во внимание их определение, количество видов микроорганизмов, которые могут проявлять пробиотические свойства перечислены в таблице 1 [17, 18].

Таблица 1 - Микроорганизмы, рассматриваемые как пробиотики

Виды Lactobacillus	Виды Bifidobacterium	Другие молочнокислые бактерии	Другие Немолочнокислые бактерии
1	2	3	4
L. acidophilus L. casei L. crispatus	B. bifidum B. breve B. lactis	Enterococcus faecalis Enterococcus faecium	Bacillus cereus Escherichia coli strain nissle

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
L. gasseri	B. longum	Lactococcus lactis	Propionibacterium
L. fermentum	B. infantis	Leuconostoc	freudenreichii
L. johnsonii	B. adolescentis	mesenteroides	Saccharomyces
L. paracasei	B. animalis	Pediococcus	cerevisiae
L. plantarum		acidilactici	Saccharomyces
L. reuteri		Streptococcus	boulardii
L. rhamnosus		thermophilus	
L. bulgaricus			
L. salivarius			
L. lactis			

В настоящее время растет научное доказательство того, что поддержание здоровой кишечной микрофлоры может обеспечить защиту от желудочно-кишечных расстройств, включая желудочно-кишечные инфекции, воспалительные заболевания кишечника и даже рак. Использование пробиотических бактериальных культур стимулирует рост предпочтительных микроорганизмов, вытесняет потенциально вредные бактерии и укрепляет естественные защитные механизмы организма. Сегодня существует множество доказательств положительного влияния пробиотиков на здоровье человека [19].

Прежде чем пробиотик может принести пользу здоровью человека, он должен соответствовать нескольким критериям: он должен обладать хорошими технологическими свойствами, чтобы его можно было изготовить и включить в пищевые продукты, не теряя жизнеспособности и функциональности, не создавая неприятных вкусов или текстур; он должен пережить прохождение через верхний желудочно-кишечный тракт и прибыть живым на место его действия; и он должен быть способен работать в среде кишечника. Чтобы исследовать пробиотический штамм в желудочно-кишечном тракте, необходимо установить молекулярные методы для различения пробы пробиотического протока от потенциально тысяч других бактериальных штаммов, составляющих желудочно-кишечную экосистему. Кроме того, необходимы методы для определения влияния пробиотического штамма на другие виды кишечной микрофлоры и, что важно, на хозяина. Это включает в себя не только положительные преимущества для здоровья, но и демонстрацию того, что пробиотические штаммы не оказывают вредного воздействия [20].

Теоретическая основа для отбора пробиотических микроорганизмов, включая безопасность, функциональные и технологические аспекты, проиллюстрирована на рисунке 1.

Аспекты безопасности включают следующие характеристики:

- изолированы от здорового желудочно-кишечного тракта;
- имеют историю непатогенных;

- не имеют никакой истории ассоциации с такими заболеваниями, как инфекционный эндокардит или желудочно-кишечное расстройство;
- не деконъюгируют желчные соли;
- не переносят трансмиссивные гены устойчивости к антибиотикам [21].



Рисунок 1 - Теоретическая основа для отбора пробиотических микроорганизмов

Функциональные требования пробиотиков должны быть установлены с использованием методов *in vitro*, и результаты этих исследований должны быть отражены в контролируемых исследованиях человека. Выбирая предпочтительный пробиотический штамм, необходимо учитывать несколько аспектов функциональности:

- кислотная толерантность и толерантность к желудочному соку человека;
- толерантность желчи (важное свойство выживания в тонком кишечнике);
- соблюдение эпителиальных поверхностей и сохранение в желудочно-кишечном тракте человека;
- иммуностимуляция;
- антагонистическая активность против патогенов, таких как *Helicobacter pylori*, *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes* и *Clostridium difficile*;
- антимуtagenные и антиканцерогенные свойства [22].

Испытания различными пробиотическими штаммами показали, что пробиотический штамм обычно исчезает из желудочно-кишечного тракта в течение пары недель после прекращения приема пищи. Однако даже временная

выживаемость, отмеченная несколькими пробиотическими штаммами, может повысить их шансы на полезные функции в желудочно-кишечном тракте и поэтому считается желательной характеристикой. Несмотря на то, что пробиотический штамм удовлетворяет необходимым требованиям безопасности и функциональности, аспекты связанные с производством и обработкой пробиотиков, также имеют первостепенное значение. В пробиотическом отборе необходимо учитывать несколько технологических аспектов. К ним относятся следующие:

- хорошие сенсорные свойства;
- устойчивость к фагу;
- жизнеспособность при обработке;
- стабильность продукта во время хранения [23, 24].

Ассортимент пищевых продуктов, содержащих пробиотические штаммы, широк и продолжает расти. Основными продуктами, имеющимися на рынке, являются продукты на молочной основе, в том числе кисломолочные продукты, сыр, мороженое, пахта, сухое молоко и йогурты.

В Казахстане сотрудниками ТОО «Global Technology Network» был разработан кисломолочный симбиотический напиток «СИМБ-А», обладающий лечебно-профилактическими свойствами. В его состав входит коровье молоко, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Bifidobacterium*, инулин, водный раствор стевии, витаминный комплекс и фруктоза. Этот напиток используют с целью профилактики заболеваний дисбактериоза, сердечно-сосудистых заболеваний, желудочно-кишечного тракта, повышение иммунитета, как источник микроэлементов и витаминов, а так же для защиты здоровья и повышение качества жизни населения Казахстана [25].

Ученые РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» Комитета науки МОН РК разработали консорциум бактериальных культур БП-3 (*Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus delbruesckii*, *lactococcus lactis*) для приготовления йогурта. Консорциум в процессе ферментации молока дает высокую скорость прироста биомассы, а также обладает хорошими органолептическими свойствами. Используется для производства функциональной кисломолочной продукции в качестве основы закваски прямого внесения в промышленных объемах [26].

Российскими учеными разработан кисломолочный продукт и способ его получения. Кисломолочный продукт, вырабатывают из коровьего молока с добавлением овсяных хлопьев, сквашенного с чистой культурой термофильного стрептококка и концентратом живых бифидобактерий «Биовестин» и/или «Биовестин-лакто» [27].

В 2001 году Натакка с соавторами обнаружили снижение числа респираторных инфекций и их тяжести у маленьких детей, которые употребляли пробиотическое молоко, содержащее *Lactobacillus GG*, в рандомизированном двойном слепом плацебо-контролируемом исследовании. Ученые пришли к выводу, что ежедневное потребление кисломолочных

продуктов, содержащих *L. casei*, здоровыми взрослыми людьми среднего возраста улучшало их врожденную иммунную защиту [28].

В последние годы наблюдается рост исследований пробиотиков, а также растущий коммерческий интерес к концепции пробиотических продуктов питания. Это расширенное исследование привело к значительному прогрессу в нашем понимании и способности характеризовать конкретные пробиотические организмы, а также к попыткам подтвердить их приписанную пользу для здоровья. Пробиотические продукты питания составляют значительную часть рынка функциональных продуктов питания и продолжают расти экспоненциальными темпами.

1.2 Механизмы воздействия пробиотических бактерий на организм

Пробиотики обладают различными механизмами действия, хотя точный способ их воздействия до сих пор полностью не выяснен. Они варьируются от производства бактериоцина и короткоцепочечных жирных кислот, снижения рН кишечника и конкуренции питательных веществ до стимуляции барьерной функции слизистой оболочки и иммуномодуляции.

Способ действия пробиотиков может в первую очередь быть связан с модуляцией микробиоты хозяина. Одним из первых предложенных способов действия является «барьерный» эффект, также называемый устойчивостью к колонизации, оказываемый против патогенных бактерий, предотвращающий или ограничивающий их колонизацию. Ингибирование бактерий может быть обусловлено продуцированием бактериоцинов с широким спектром ингибирования метаболитами, такими как короткоцепочечные жирные кислоты, вызывающие снижение рН, мало благоприятных для роста бактерий, или биосурфактантами с антимикробной активностью.

Второй способ действия касается улучшения барьерной функции слизистой оболочки кишечника. Эта барьерная функция связана с качеством плотных контактов между эпителиальными клетками кишечника. Другие элементы также участвуют в этой барьерной функции, такие как клетки Панета (клетки тонкой кишки), продуцируя антимикробные пептиды (дефензины, лизоцим) и слизистые клетки, слизь, действующая как защитный слой, предотвращающий любой прямой контакт с бактериями кишечного просвета. Таким образом, пробиотики могут действовать на уровне сигнальных путей, приводящих к увеличению слизистого слоя или продукции дефензинов, а также к белкам с плотным соединением, улучшая их физиологическую барьерную функцию [29].

Третий способ действия - это модуляция иммунной системы. Более 70% иммунных клеток расположены на уровне кишечника, особенно в тонкой кишке, образуя кишечную лимфоидную ткань. Пластыри Пейера, специфические участки с фолликулярным центром и покрытые М-клетками, связанными с эпителием, являются реальным порталом проникновения антигенов. Активация иммунного ответа требует распознавания специфических рецепторов клеток врожденного иммунитета (эпителиальные клетки,

дендритные клетки и макрофаги). Эти рецепторы, называемые рецепторами распознавания образов (PRR), включают в основном Толл-подобные рецепторы (TLR) и нуклеотидсвязывающие агенты домена олигомеризации (NOD). Они распознаются некоторыми структурными компонентами, повторяющимися на поверхности микроорганизмов, называемых микробно-ассоциированными молекулярными структурами, которые взаимодействуют с кишечным эпителием и стимулируют клетки иммунной системы кишечника на уровне собственной пластинки [30]. Последствиями являются активация регуляторных Т-клеток и дифференцировка Т-хелперных лимфоцитов (Th), индуцирующих выработку про- или противовоспалительных цитокинов. Бактерии с пробиотическим потенциалом, особенно молочнокислые бактерии, могут оказывать различное действие в зависимости от профиля цитокинов. Эффекты могут быть локальными и ограничиваться стимуляцией кишечного иммунитета (например, стимуляция продукции секреторного IgA) или системными. Пробиотические штаммы также могут оказывать благоприятное воздействие напрямую, обеспечивая ферменты, такие как бета-галактозидаза или другие ферменты, улучшающие пищеварительные симптомы пациентов [31].

Пробиотические бактерии могут действовать независимо от способа их действия посредством:

- их структуры, такие как ДНК (особенно по мотивам CpG), пептидогликан, липополисахарид, флагеллин;

- и/или их метаболиты (особенно короткоцепочечные жирные кислоты).

Их действие может быть прямым, связанным с их пищеварительной колонизацией, или косвенным, потому что эти штаммы будут модулировать микробиоту, увеличивая инокулят бактерий с благоприятными эффектами.

Было показано, что пробиотики способствуют различным биологическим эффектам при ряде физиологических состояний и патологий, а общая польза для здоровья пробиотических микроорганизмов изображена на рисунке 2 [32].

Появляется все больше доказательств в пользу заявлений о положительных эффектах, связанных с пробиотиками, включая улучшение состояния кишечника, усиление иммунного ответа, снижение уровня холестерина в сыворотке и профилактику рака. В то время как некоторые из преимуществ для здоровья хорошо документированы, другие требуют дополнительных исследований для установления. На самом деле, есть существенные доказательства в поддержку использования пробиотиков при лечении острых диарейных заболеваний, профилактике диареи, связанной с антибиотиками, и улучшении метаболизма лактозы, но нет достаточных данных, чтобы рекомендовать их для использования в других клинических условиях.



Рисунок 2 - Общая польза пробиотических бактерий для здоровья человека

Лечение пробиотиками использовалось в клинической практике с назначением *L. rhamnosus* и *S. boulardii*. Несколько проведенных исследований позволяют предположить, что использование пробиотиков связано со снижением риска возникновения диареи, связанной с антибиотиками [33].

Метаанализ *S. Hempel* и других ученых 2012 году, оценивающий имеющиеся данные о пробиотиках для профилактики и лечения диареи, связанной с антибиотиками, пришли к выводу, что введение пробиотиков (а именно *L. rhamnosus*, *L. casei* и дрожжей *S. boulardii*) связано с пониженным риском заболевания [34].

Пробиотические добавки для детского питания были направлены как на профилактику ротавирусных инфекций, так и на лечение установленного заболевания. Контролируемые клинические исследования показали, что пробиотики, такие как *L. rhamnosus* GG, *L. reuteri*, *L. casei* Shirota и *B. animalis* Bb12, могут сократить продолжительность острой ротавирусной диареи, при этом самые убедительные доказательства указывают на эффективность *L. rhamnosus*. GG и *B. animalis* Bb12 [35].

Была продемонстрирована польза пробиотиков, таких как *L. reuteri*, *L. rhamnosus* GG, *L. casei* и *S. boulardii*, в снижении продолжительности острой диареи у детей. Например, в рандомизированном контролируемом французском

исследовании, проведенном среди детей, находящихся на дневном уходе, введенный пробиотический йогурт, содержащий *L. casei*, значительно сократил среднюю продолжительность диареи по сравнению с обычным [36].

Стимуляция иммунной системы в ответ на ротавирусную инфекцию была изучена Kaila с коллегами. 39 детей с острой ротавирусной диареей были случайным образом распределены для получения *Lactobacillus GG* или молочный продукт. Они обнаружили повышенный ответ секретирующих IgA-специфических антител на ротавирус в пробиотической группе, связанный со снижением диареи. Когда они повторили это исследование с инактивированной *Lactobacillus GG*, специфические уровни IgA не изменились, но продолжительность диареи все еще сократилась. Они пришли к выводу, что пробиотики должны быть жизнеспособными для взаимодействия с иммунной системой слизистой оболочки [37].

В статье L. Fontana и M. Kechagia (2013) было показано, что лечение с помощью *Bacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.*, *Leuconostoc cremoris*, *Saccharomyces spp.* или *Streptococcus spp.*, по отдельности или в комбинации, оказывает защитный эффект в предотвращении вызванной антибиотиками диареи [38].

1.3 Аспекты решения проблемы выживаемости пробиотических культур

Доказано, что пробиотики приносят много пользы для здоровья. Однако, несмотря на все преимущества для здоровья, не могут быть достигнуты без большого количества жизнеспособных клеток. Было показано, что многие пробиотические бактерии погибают в пищевых продуктах после воздействия низкого pH после ферментации, кислорода во время распределения и хранения продуктов в холодильнике или кислоты в желудке человека [39]. Пробиотические продукты должны быть дополнены ингредиентами для поддержания жизнеспособности на протяжении всей обработки, хранения, распределения и желудочно-кишечного тракта для достижения толстой кишки. Эффективность добавленных пробиотических бактерий зависит от уровня дозы, и их жизнеспособность должна поддерживаться в течение всего срока хранения, срока годности продуктов, и они должны выживать в кишечной среде [40].

Жизнеспособность бактерий относится к способности клетки расти и впоследствии создать колонию клеток в определенных условиях окружающей среды. Жизнеспособность, как правило, рассматривается в качестве предварительного условия для функциональности пробиотиков, поскольку она связана с потребителями, способствующими укреплению здоровья, и поэтому представляет собой промышленную проблему. Антимикробные соединения и короткоцепочечные жирные кислоты являются показательными метаболитами, образующимися из жизнеспособных колоний [41].

В 2004 году Galdeano и др. провели исследование на мышах по влиянию жизнеспособных и нежизнеспособных лактобацилл и их устойчивости на

иммунную стимуляцию кишечника и слизистой оболочки [42]. Авторы продемонстрировали, что жизнеспособность бактерий была необходима для стимуляции кишечной иммунной системы.

В другом клиническом исследовании Pelletier с соавторами предположили, что жизнеспособные клетки более эффективны в расщеплении лактозы по сравнению с нежизнеспособными пробиотическими клетками [43].

В последнее время научные исследования были сосредоточены на различных инновационных методах, направленных на повышение жизнеспособности пробиотических клеток в течение срока годности продуктов [44].

Многие из этих методов оказались весьма успешными, тем не менее, увеличенный срок годности пробиотиков не обязательно обеспечивает надлежащую устойчивость культуры при воздействии сложных условий желудочно-кишечного тракта [45]. Каждый пробиотический штамм может проявлять различную реакцию на различные стрессовые факторы пищеварительного тракта. После употребления на клеточную мембрану могут влиять несколько факторов, таких как желудочная кислота, желчные соли, различные пищеварительные ферменты, пищевой матрикс или даже микробиота хозяина [46]. Аналогично, пробиотические штаммы могут быть обнаружены в желудочно-кишечном тракте как жизнеспособные, бездействующие, активные или мертвые в зависимости от условий окружающей среды и способности штамма выживать.

Некоторые исследования показали потери от 6 до 8 log КОЕ/г пробиотических бактерий во время искусственного желудочного пищеварения [47], подразумевая, что остаточное количество пробиотиков недостаточно для оказания положительного воздействия на здоровье.

В 2015 году Vijayakumar с соавторами изучали пробиотический потенциал молочнокислых бактерий *L. plantarum* КСС-24, выделенных и охарактеризованных из корма итальянского райграса (*Lolium multi florum*) [48]. Изолированный штамм проявлял значительную противогрибковую активность против нескольких штаммов, он был чувствителен к многочисленным антибиотикам, выживал при низких значениях pH, был устойчив к моделируемому желудочному соку и солям желчи (0,3% мас./об.). Кроме того, *L. plantarum* КСС-24 проявил хорошую протеолитическую активность, сильные антиоксидантные свойства и устойчивость к перекиси водорода, доказав тем самым, что он является отличным пробиотическим кандидатом.

Туркова и др. провели оценку одиннадцати штаммов *Lactobacillus*, включенных в Коллекцию культур молочных микроорганизмов, на предмет выбранных пробиотических свойств, таких как выживаемость в желудочно-кишечных жидкостях, антимикробная активность и конкуренция с нетоксигенной *Escherichia coli* O157:H7 за адгезию на Caco-2 клетки. Все штаммы проявляли значительную антимикробную активность, благодаря чему три наиболее эффективных штамма ингибировали рост по меньшей мере шестнадцати индикаторных патогенных штаммов. Было установлено, что

степень конкурентного ингибирования нетоксигенной адгезии *E. coli* O157: H7 на поверхности клеток Caco-2 зависит от штамма. Однако только три штамма были отобраны для дополнительных исследований антимикробной активности: *L. gasseri* CCDM 215, *L. acidophilus* CCDM 149 и *L. helveticus* CCDM 82 [49].

Влияние пищевого матрикса-носителя на выживаемость желудочно-кишечного тракта и адгезионную способность пробиотиков *L. acidophilus* LA-5, *B. animalis* subsp. *lactis* BB-12 и *P. jensenii* 702 были оценены на молочных продуктах. Пищевая матрица-носитель оказывала существенное влияние на желудочно-кишечную толерантность *in vitro* всех пробиотиков при воздействии низкого pH (pH 2,0) и 0,3% желчи. Например, в 2017 году Terrou и др. [50] сообщили о значительном улучшении толерантности в случае мороженого и умеренном - в случае йогуртов, в то время как Ranadheera и др. отметили, что на адгезионную способность пробиотиков *in vitro* влияла пищевая матрица-носитель, причем фруктовый йогурт давал наиболее благоприятные результаты [51].

После воздействия кислотных условий *B. longum* продемонстрировал повышенную выживаемость по сравнению с *B. infantis*, *B. adolescentis* и *B. bifidum*. Среди различных исследованных штаммов лактобацилл наиболее кислотоустойчивыми были *L. acidophilus* ATCC 4962, *L. casei* ASCC 290 и *L. casei* ASCC 292. Плотность живых клеток составляла $> 10^7$ КОЕ / мл после 2 ч инкубации при pH 2,0, тогда как *L. casei* ASCC 1520, *L. casei* ASCC 1521, *L. casei* ASCC 279, *L. casei* ATCC 15820 и *L. casei* CSCC 2607 были наиболее кислоточувствительными штаммы, у которых после 2 ч инкубации осталось всего 10^4 КОЕ / мл [52].

Lo Curto с соавт. исследовали выживаемость трех коммерческих пробиотических штаммов (*L. casei* subsp. *Shirota*, *L. casei* subsp. *Immunitas*, *L. acidophilus* subsp. *johnsonii*) в верхних отделах ЖКТ человека с использованием динамической желудочной модели (DGM) пищеварения с последующим инкубация в дуоденальных условиях. Более высокая выживаемость наблюдалась в стационарной фазе для всех штаммов. *L. acidophilus* subsp. *johnsonii* показал самую высокую выживаемость как в воде, так и в молоке. Следовательно, хорошо документировано, что способность пробиотического штамма переносить желудочную кислоту и токсичность солей желчных кислот является одним из ключевых факторов, которые должны выполняться в критериях отбора пробиотиков [53].

Жизнеспособность и выживаемость пробиотиков зависят от штамма. Для поддержания жизнеспособности очень чувствительных штаммов инкапсуляция часто является единственным вариантом, особенно микрокапсулированием, которое не влияет на сенсорные свойства получаемой пищи. Технологии микроинкапсулирования были разработаны и успешно применяются с использованием различных матриц для защиты бактериальных клеток от повреждений, вызванных внешней средой [54]. Общее микрокапсулирование улучшило выживание пробиотических бактерий при воздействии кислотных условий, солей желчных кислот и мягкой термической обработки.

Иммобилизация пробиотиков с использованием инкапсулирования может улучшить выживаемость микроорганизмов в продуктах как во время обработки и хранения, так и во время пищеварения [55].

1.4 Современное состояние и перспективы использования пропионовокислых бактерий

Период открытия пропионовокислых бактерий начался Фройденрайхом и Орла-Енсенем. Сыры, молоко и молочные продукты стали основными источниками выделения пропионовых бактерий. Из эментальского сыра Фройденрайх и Орла-Енсен выделили чистые культуры бактерий, которые составили три морфологические группы: *Bacterium acidiproionici* a, *B. acidiproionici* b и *Bacillus acidiproionici*.

Пропионовокислые бактерии объединены в род *Propionibacterium*, который входит в состав семейства *Propionibacteriaceae*. Другой род этого семейства - *Eubacterium*.

В целом пропионовые бактерии характеризуют как грамположительные, каталазоположительные, неспорообразующие, неподвижные, факультативно анаэробные или аэротолерантные палочковидные бактерии [56].

Род *Propionibacterium* включает как кожные виды (включая хорошо известные *P. acnes*), которые могут выступать в качестве условно-патогенных микроорганизмов, так и молочные виды, у которых нет зарегистрированных побочных эффектов. В таблице 2 показаны различные виды пропионибактерии, как описано Cousin и др. [57].

Таблица 2 - Разделение видов *Propionibacterium* на две отдельные группы

Молочные (классические) пропионибактерии	Кожные пропионибактерии
<i>P. acidiproionici</i>	<i>P. acidifaciens</i>
<i>P. cyclohexanicum</i>	<i>P. acnes</i>
<i>P. thoenii</i>	<i>P. australiense</i>
<i>P. jensenii</i>	<i>P. avidum</i>
<i>P. microaerophilum</i>	<i>P. granulosum</i>
<i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	<i>P. propionicum</i>
<i>P. freudenreichii</i> subsp. <i>freudenreichii</i>	<i>P. humerusii</i>

Молочные виды *Propionibacterium freudenreichii* и *Propionibacterium acidiproionici* явно отличаются от кожных видов. *P. freudenreichii* имеет статус GRAS (общепризнанный как безопасный) в соответствии с длительной и документированной историей безопасного использования в пищевых продуктах. *P. freudenreichii* широко культивируется и потребляется людьми в кисломолочных продуктах, таких как сыр швейцарского типа, и в пищевых пробиотических добавках. *P. freudenreichii* и *P. acidiproionici* также были

перечислены Европейским органом по безопасности пищевых продуктов в списке QPS (квалифицированная презумпция безопасности) [58].

Пропионовокислые бактерии обладают уникальными антимуtagenными и иммуностимулирующими свойствами, они приживаются в кишечнике людей и способны к снижению генотоксического действия ряда химических соединений и ультрафиолетовых лучей. Известно, что положительная роль пропионовокислых бактерий как пробиотиков обусловлена образованием ими пропионовой кислоты, минорных органических кислот, бактериоцинов и ферментов.

Пропионовокислые бактерии синтезируют большое количество витамина В₁₂, который регулирует основные обменные процессы в организме, способствует повышению иммунного статуса организма, улучшает общее самочувствие за счет активизации белкового, углеводного и жирового обмена, улучшает качество крови, участвует в синтезе различных аминокислот, нуклеиновых кислот [59].

В целом молочные пропионибактерии привлекают внимание как сильные пробиотики. Пробиотик определяется как «живой микроорганизм, который при введении в достаточном количестве приносит пользу для здоровья хозяина». Последние данные также свидетельствуют о способности некоторых метаболитов молочной пропионибактерии использоваться в качестве пребиотиков, таких как 1,4-дигидрокси-2-нафтойная кислота (DHNA): селективно ферментированный ингредиент, который допускает специфические изменения, как в состав и / или активность микрофлоры желудочно-кишечного тракта, которая приносит пользу [60].

Секвенирование генома *P. freudenreichii* и *P. acidipropionici* выявило генетическую основу их большой способности адаптироваться к различным средам. Кроме того, они проявляют специфический ферментативный метаболизм, который основан на пропионовой ферментации и может использовать различные источники углерода и энергии, высвобождая во внеклеточной среде различные полезные метаболиты. В последнее время накопление многообещающих данных, как *in vitro*, так и *in vivo*, свидетельствует о большом потенциале пробиотических бактерий в пище, способных благотворно модулировать кишечную микробиоту, обмен веществ, физиологию и иммунитет через ценные метаболиты [61].

Пробиотический микроорганизм должен быть способен сохраняться в кишечнике хозяина, доставлять и производить полезные метаболиты. Следовательно, толерантность к пищеварительным стрессам является одним из основных факторов, ограничивающих использование микроорганизмов в качестве живого пробиотического агента [62].

Молочные пропионовокислые бактерии являются особенно выносливыми и крепкими по сравнению с другими пробиотиками, что соответствует их экологии. Они проявляют высокую толерантность *in vitro* к стимулированным состояниям желудочно-кишечного тракта человека, в зависимости от вида и типа штамма. Среда для роста или доставки также может обеспечивать защиту

[63]. Ответ толерантности приводит к различным модификациям, таким как морфологические изменения или экспрессия белков. Во время воздействия солей кислоты и желчи *P. freudenreichii* экспрессирует белки общего стресса и индуцирует регуляторные гены, участвующие в клеточном ответе на мембранное возмущение, окислительный стресс и повреждение ДНК. *P. acidipropionici* показал такую же высокую толерантную реакцию на кислотный стресс [64]. Конкуренция микробиоты за питательные вещества также является ограничивающим фактором для устойчивости молочных пропионибактерий в кишечнике. Однако молочные пропионибактерии способны метаболизировать различные источники углерода и азота с образованием резервных соединений, таких как полифосфат, гликоген и трегалоза, которые также играют роль осмопротекторов [65]. Эти результаты были подтверждены исследованиями *in vivo*. Было показано, что *P. freudenreichii*, помимо выживания, поддерживает метаболическую активность в пищеварительном тракте человека и животных.

Действительно, *P. freudenreichii* ориентирует экспрессию своего генома на использование доступных в кишечнике субстратов, таких как пропандиол, глюконат и лактат, для поддержания своего метаболизма, что позволяет избежать голодания во время пищеварительного транзита [66]. Их концентрация достигла достаточного количества бактерий в кишечнике для пробиотических применений.

Помимо способности выдерживать пищеварительные стрессы, пробиотические микроорганизмы должны сохраняться в пищеварительном тракте, чтобы взаимодействовать с клетками-хозяевами и оказывать ожидаемые положительные эффекты. Продолжительность жизни пробиотиков в пищеварительном тракте будет зависеть от их способности прилипать к слизистой оболочке кишечника и скорости их роста. Виды пропионибактерий имеют медленную скорость роста, так что адгезия и адаптация являются узким местом их благотворного воздействия на хозяина. Многочисленные исследования показали способность *P. acidipropionici* и *P. freudenreichii* прилипать к клеткам кишечника человека и животных, а также к слизи кишечника человека и животных [67]. Тем не менее, уровень адгезии, оцененный *in vitro*, варьировался от 0,03 до около 40%, в зависимости от многих факторов, таких как используемая модель адгезии (клетки или слизь), виды видов, тип и рост штамма или среда-носитель [68].

Модуляция кишечной микробиоты у животных и человека в результате потребления *P. freudenreichii* и *P. acidipropionici* отмечалась в контексте колита и у здоровых людей. В этих исследованиях сообщалось об увеличении рода *Bifidobacteria*, которые хорошо известны своей положительной пользой для здоровья для своего хозяина через метаболизм [69].

Также было показано, что молочные пропионибактерии уменьшают род *Bacteroides*, который обладает энтеротоксином, связанным с распространенностью воспалительным заболеванием кишечника, и род *Clostridium*, штаммы которого связаны с тяжелыми кишечными инфекциями [70].

Пробиотики обычно потребляются в форме высушенных микроорганизмов, в капсулах или таблетках. Разработка функциональных пищевых продуктов, сбраживаемых молочными пропионибактериями, является перспективной областью исследований. Польза для здоровья молочных пропионибактерий зависит от штамма, но средство доставки также играет решающую роль, которая остается малоизученной. Действительно, матрица влияет на количество метаболитов и / или способность бактерий сохраняться в кишечнике.

Рост молочных пропионибактерий на стрессовых средах, таких как ферментированные молочные продукты, обеспечивает высокую устойчивость к стрессам кислотных и желчных солей *in vitro* и *in vivo*. Кроме того, молочные продукты с высоким осмотическим давлением улучшают хранение трегалозы, гликогена и полифосфата, что может улучшить толерантность к дефициту питательных веществ в кишечнике. Некоторые клинические испытания подтвердили эффект матрицы; пробиотическая смесь, включающая *P. freudenreichii*, также была испытана на людях в обычных капсулах, в йогурте или в сыре. Наибольшее количество фекалий *P. freudenreichii* дает йогурт [71].

Соответственно, во французском исследовании на людях было показано, что йогурт способствует не только выживанию, но и метаболической кишечной активности *P. freudenreichii* [72].

Молочные пропионибактерии, особенно *P. freudenreichii*, в основном используются в качестве заквашивающей закваски для производства сыров швейцарского типа, таких как сыр Эмменталь. Отверстия связаны с образованием углекислого газа (CO₂), образующегося при ферментации лактата и аспартата. Типичный вкус швейцарского сыра обусловлен главным образом наличием молочных пропионибактерий, которые продуцируют вкусовые соединения тремя путями метаболизма: ферментация лактата и аспартата, гидролиз жира и катаболизм аминокислот [73].

В сырах Эмменталь *P. freudenreichii* достигает высокой популяции, в количестве более 10⁹ КОЕ/г сыра, в зависимости от периода созревания. Высокая толерантность *P. freudenreichii* к различным стрессам позволяет достичь этой популяции. Действительно, в процессе производства сыра молочные пропионибактерии сталкиваются с различными стрессами, такими как высокая и низкая температура, подкисление, осмотический стресс, вызванный NaCl; их устойчивость по сравнению с другими видами молочных продуктов будет отвечать за преобладание этого вида в сырах швейцарского типа [74].

Молочные пропионибактерии производят несколько питательных молекул, необходимых для здоровья человека, таких как витамины группы В (включая кобаламин и фолиевую кислоту). Действительно, *P. freudenreichii* - единственный производитель В₁₂, известный как бактерия GRAS [75].

Витамин В₁₂ (или кобаламин) синтезируется в качестве кофактора для ферментации пропионовой кислоты. Витамин В₁₂ является важным витамином, необходимым для поддержания здоровья нервных клеток, для производства

генетического материала и энергии клетки, а также для других важных функций. Витамин В₁₂ долгое время производился промышленным способом химическим синтезом, который требует более 70 стадий химическим методом. Этот способ производства является слишком сложным и дорогостоящим по сравнению с биосинтезом молочных пропионибактерий. Путь синтеза витамина В₁₂ в *P. freudenreichii* полностью охарактеризован, и были предприняты важные усилия для улучшения биосинтеза витамина В₁₂ путем осуществления случайного мутагенеза, генной инженерии и оптимизации условий ферментации [76].

Штаммы *Propionibacterium* spp широко используются в качестве пищевых биоконсервантов для их антимикробной активности. Было показано, что они подавляют рост плесени и нежелательных микроорганизмов во многих продуктах питания, которые продлевают срок их хранения [77]. Пропионовая кислота является основной антимикробной молекулой, вырабатываемой молочными пропионибактериями.

1.5 Применения процесса инкапсулирования пробиотиков при производстве кисломолочных продуктов

В последнее время использование пробиотиков для здоровья возросло, и, следовательно, оно создало огромный рынок во всем мире. При разработке эффективного и безопасного инкапсулированного продукта важно поддерживать достаточное количество жизнеспособных клеток в течение срока годности продукта, а также во время транзита через желудочно-кишечный тракт после употребления [78].

Обычно любой пробиотический продукт должен содержать не менее 10⁶–10⁷ КОЕ жизнеспособных пробиотических бактерий на г продукта во время его потребления, чтобы оказывать благотворное влияние на здоровье человека [79].

Инкапсулирование представляет собой процесс захвата активных веществ в материале-носителе и является полезным инструментом для улучшения доставки биоактивных молекул и живых клеток в продукты. Материалы, используемые для проектирования защитной оболочки инкапсулятов, должны быть пищевыми, биоразлагаемыми и способны образовывать барьер между внутренней фазой и ее окружением [80].

В пищевой промышленности процесс инкапсулирования может применяться по целому ряду причин. Инкапсулирование является полезным инструментом для улучшения доставки биоактивных молекул (например, антиоксидантов, минералов, витаминов, фитостеролов, лютеина, жирных кислот, ликопина) и живых клеток (например, пробиотиков) в продукты питания [81].

Кроме того, инкапсулирование была определена как технология упаковки твердых веществ, жидкостей или газообразных материалов в небольшие капсулы, которые высвобождают их содержимое с контролируемой скоростью в течение продолжительных периодов времени и при определенных условиях.

Производные частицы обычно имеют диаметры от нескольких нм до нескольких мм [82].

В пищевой промышленности эти материалы образуют барьер для защиты пробиотиков от окружающей среды желудочно-кишечного тракта с использованием различных систем инкапсулирования, как показано на рисунке 3 [83].

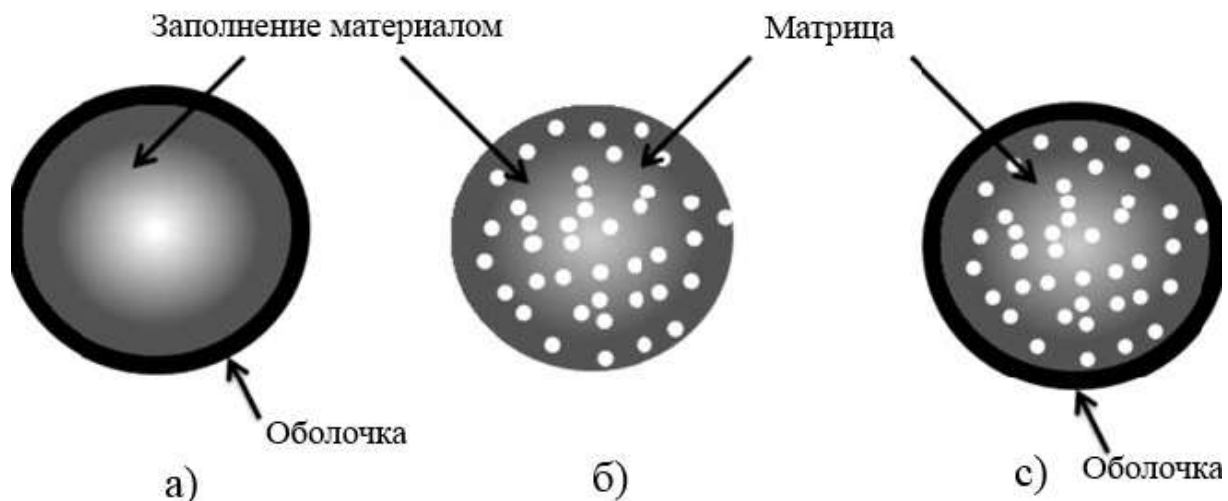


Рисунок 3 - Схематическое представление систем инкапсулирования: (а) тип резервуара, (б) тип матрицы и (с) тип матрицы с покрытием

Материал покрытия классифицируется на основе материала матрицы, такого как материал с одной стенкой, такой как альгинат натрия, или материала смеси, такого как ксантан, геллановая камедь, альгинат и хитозан. Материал покрытия также влияет на структуру капсулы. Обычно альгинат натрия образует капсулы с гладкой поверхностью. Различные формы капсул показаны на рисунке 4 [84].

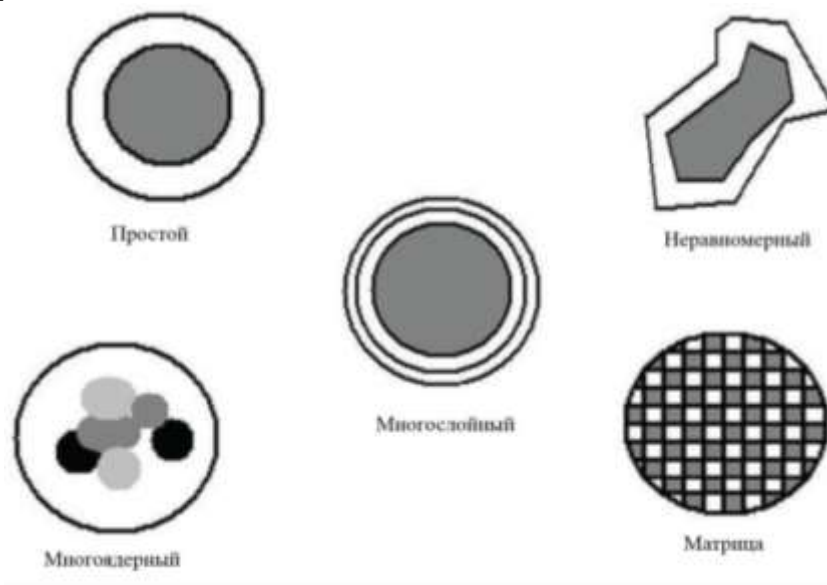


Рисунок 4 - Различные формы капсул, используемых в пищевой промышленности

Концентрация раствора для приготовления капсул и конечный диаметр гранул являются факторами, влияющими на эффективность инкапсулирования. При увеличении диаметра капсулы возникают неприятные ощущения во рту и вкус. Кроме того, увеличение диаметра капсулы снижает усвояемость ферментом поджелудочной железы.

Физиология желудочно-кишечного тракта важна во время процесса прохождения капсул с пробиотиками (таблица 3) [85].

Процессы микрокапсулирования, такие как сублимационная сушка, распылительная сушка, микронизация и условия хранения, используются для того, чтобы избежать повреждений капсул и содержащихся в них клеток.

Таблица 3 - Относительный рН и время прохождения в различных местах в ЖКТ

Область	рН	Транзитное время
Пищевод	~ 7,0	10-14 секунд
Желудок	1-2,5 (до 5)	Половина опорожнения: ~ 80,5 мин
Проксимальный отдел тонкой кишки	6,15-7,35	3,2± 1,6 часов (объединенный)
Дистальный отдел тонкой кишки	6,80-7,88	
Восходящая ободочная кишка	5,26-6,72	Сильно изменчивый, зависит от опорожнения кишечника
Нисходящая ободочная кишка	5,20-7,02	

Пробиотическая клетка обычно инкапсулируется путем экструзии, эмульсии и распылительной сушки. В этих методах пробиотические бактерии захватываются в матрице геля с использованием различных механизмов гелеобразования [86]. В то время как пробиотики представляют собой живые клетки, условия для реализации технологии предназначены для поддержания жизнеспособности клеток, а растворители, участвующие в технологии инкапсуляции, должны быть нетоксичными [87]. На рисунке 5 показаны различные типы частиц (матрица или тип резервуара), полученные каждым методом.

В настоящее время пробиотики являются движущей силой в разработке функциональных продуктов, особенно в молочных продуктах, сохраняя их функциональные эффекты для поддержания здоровья человека. Эти живые клетки должны пережить процесс питания, хранения и потребления пищи, прежде чем они могут быть полезны.

Эмульгирование		—	—	—	—	—	} Тип матрицы
Экструзия					—	—	
Распылительная сушка				—	—		
Покрытие распылением			—	—	—	—	} Тип резервуара
Соекструзия					—	—	
0,01 0,1 1 10 100 1000 10000							
Диапазон размеров (µm)							

Рисунок 5 - Диапазон размеров частиц

Инкапсуляция увеличивает не только их биодоступность, но, что более важно, функциональность. Выбор системы инкапсуляции всегда имеет решающее значение, поскольку он должен быть эффективным и легко внедряться в пищу, не мешая текстуре и вкусу пищи [88].

Однако нет широкого выбора технологий инкапсуляции, которые могут быть применены для живых клеток, как это бывает в большинстве молекул, устойчивых к теплу. Одним из «нежных» подходов к инкапсуляции является метод экструзии и в сочетании с матричными молекулами, которые сохраняют или даже продвигают функциональность; эта технология рекомендуется для пробиотиков.

Использование пробиотиков постоянно расширяется в пищевой промышленности. С этой точки зрения, инкапсулирование может достичь широкого спектра функциональных возможностей в соответствии с развитием технологии, и в настоящее время инкапсулированные пробиотические клетки могут быть включены во многие типы пищевых продуктов [89].

На рынке представлены различные продукты, содержащие инкапсулированные пробиотические клетки.

Во многих исследованиях сообщается об использовании инкапсулированных пробиотических клеток и, в частности, сыра чеддер. Благодаря относительно высокому значению pH (pH 5,5) сыр чеддер имеет то преимущество, что он является хорошим носителем пробиотических микроорганизмов. Кроме того, его хорошая буферная способность и относительно высокое содержание жира могут обеспечить защиту пробиотическим бактериям от ферментативного расщепления и кислой среды желудочно-кишечного тракта [90].

Dinakar и Mistry иммобилизовали *Bifidobacterium bifidum* методом эмульгирования, и полученные гелевые шарики замораживали и лиофилизировали. Фактически, клетки оставались жизнеспособными до 24 недель и не влияли на вкус и интенсивность вкуса, текстуру и внешний вид

сыра. Эти наблюдения могут быть объяснены отсутствием метаболизма бифидобактерий. Для производства уксусной и молочной кислоты бифидобактерии нуждаются в субстратах, таких как лактоза, но в этом случае она была недоступна [91].

Включение пробиотических живых клеток в йогурт повышает его терапевтическую ценность. Тем не менее, низкий уровень жизнеспособности пробиотиков в йогурте из-за низкого pH (от 4,2 до 4,6).

Исследования показали, что использование капсулированных пробиотических бактерий было лучше для их выживания. Кроме того, включение пробиотических клеток в йогурты может быть осуществлено без внесения многих изменений в традиционный процесс. Во-первых, инкапсуляция пробиотических клеток в гранулах, состоящих из смесей геллан-ксантановая камедь, является способом повышения их устойчивости к кислой среде [92].

Шампань и Фустье предположили, что расхождения в жизнеспособности клеток между некоторыми исследованиями могут быть вызваны различной чувствительностью к кислороду между штаммами или различными уровнями кислорода в йогуртах. Другой причиной может быть тип материала покрытия (например, хитозана) или добавление крахмала в альгинатное ядро, которое улучшает жизнеспособность клеток.

Инкапсулирование пробиотиков для добавления в йогурты, по-видимому, предотвращает потери чувствительных к кислороду штаммов в большей степени, чем защищает клетки от кислой среды. В заключение следует отметить, что добавление инкапсулированных пробиотических клеток в йогурты четко определяется потребителем во рту. Однако, согласно Champagne и Fustier, воздействие на сенсорные свойства может стать желательным, если потребитель предупрежден и ожидает присутствия частиц [93].

Пробиотические клетки могут быть инкапсулированы с пребиотическими ингредиентами (например, устойчивым крахмалом) или криопротекторами (например, глицерином) для улучшения их жизнеспособности. Было показано, что этот метод увеличивает выживаемость пробиотика в продукте, но не в условиях имитации ЖКТ [94].

Было проведено сравнение между выживанием свободных и инкапсулированных клеток. Было обнаружено, что инкапсуляция и совместная инкапсуляция увеличивают выживаемость, и, в частности, лиофилизированные клетки после инкапсуляции выживают лучше в йогурте. Таким образом, йогурт может быть хорошим пробиотическим носителем, если клетки инкапсулированы. Защищенные бактерии, которые находятся в жизнеспособном состоянии в момент потребления, выживают через желудочно-кишечный тракт и попадают в кишечник в жизнеспособном состоянии [95].

Другие исследования продемонстрировали использование совместного инкапсулирования двух пробиотических штаммов с пребиотиками, такими как рафтилоза, для стимуляции роста бактерий и защиты клеток от неблагоприятных условий окружающей среды. Концепция совместного

инкапсулирования позволяет повысить функциональную эффективность пищи благодаря синергии между пробиотиком и пребиотиком. Использование пребиотических ингредиентов также является фактором, повышающим жизнеспособность пробиотиков. Было также показано, что покрытие капсулы хитозаном обеспечивает лучшую защиту пробиотических клеток, чем альгинат, при рассмотрении выживания в йогурте и в условиях имитации ЖКТ [96].

Бельгийская группа Barry Callebaut производит шоколад, содержащий инкапсулированные пробиотические клетки, которые не оказывают негативного влияния на вкус, текстуру или ощущение во рту конечного функционального продукта и которых в дозах 13,5 г в день может быть достаточно для положительного воздействия на микробиом кишечника.

В некоторых случаях к пробиотикам добавляли инулин или другие пребиотики при изготовлении батончика под названием «Attune», в изюм, покрытый йогуртом, питательные батончики, шоколадные батончики или таблетки. Индустрия мороженого с большим интересом смотрит на рынок пробиотиков. Unilever, Hansen и компания Dos Pinos разработали пробиотическое мороженое, которое приносит больше пользы для здоровья. Многие продукты, содержащие инкапсулированные пробиотические клетки, доступны в форме таблеток/капсул или в виде порошка, обеспечивая защиту пробиотических клеток от кислых соков желудка и способность достигать кишечника, а также срок годности при хранении более 24 месяца, если хранить при охлажденной температуре [97].

В Государственном университете имени Шакарима города Семей разработана технология и рецептура производства кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками для населения, проживающего в зоне максимального радиационного риска. Исследования по инкапсулированию проводились на базе Государственного университета имени Шакарима в лабораториях кафедры «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности», «Стандартизация и биотехнология», ИРЛИП НЦРЭИ ГУ имени Шакарима города Семей, а также на базе University of Reading (Великобритания). Имеется патент на изобретение № 31516 «Способ производства кисломолочного напитка с инкапсулированными пробиотиками» [98].

Современные технологические инновации обеспечивают пути преодоления проблем со стабильностью и жизнеспособностью пробиотиков, предлагая новые возможности для их включения в новые среды и последующего удовлетворения растущего потребительского спроса.

1.5.1 Полимерные материалы для инкапсулирования пробиотиков

Существуют различные типы матричных материалов, используемых для капсулирования пробиотиков как физическими, так и химическими методами. В основном в качестве матричных материалов используются биополимеры, такие как альгинат, геллановая камедь, ксантан, к-каррагинан и, в последнее время, белки [99].

Альгинат. Наиболее популярным вспомогательным материалом, используемым для микроинкапсулирования, является альгинат, который представляет собой линейный гетерополисахарид из 1-4 связанных β -D-маннуроной (M) и α -L-гулууроной кислоты (G), выделенных из различных видов водорослей. Можно найти три типа полимеров: гомополимерные M-блоки (M-M-M); гомополимерные G-блоки (G-G-G); и гетерополимерные, последовательно чередующиеся MG-блоки (G-M-G-M).

Использование альгината в качестве вспомогательного материала при инкапсулировании с использованием химического метода основано на его способности образовывать сильный термостойкий гель, который может развиваться и отверждаться при комнатной температуре. В зависимости от источника альгината состав и последовательность в L-гулууроной кислоте (G) и D-маннуроной кислоте (M) широко варьируются. Функциональные свойства альгината как вспомогательного материала (связывание с катионами и образование геля) сильно коррелируют с составом и последовательностью L-гулууроной кислоты и D-маннуроной кислоты. Двухвалентные катионы, такие как Ca^{2+} , представляющие интерес для большинства применений, преимущественно связываются с полимерами L-гулууроной кислоты с высокой степенью взаимодействия [100].

Для формирования гранул клеточную суспензию смешивают с раствором альгината натрия, и смесь капают в раствор, содержащий многовалентный катион (обычно Ca^{2+} в форме CaCl_2). Капли мгновенно образуют гелевые сферы, захватывая клетки в трехмерной решетке альгината, сшитого ионным путем. Концентрации альгината, используемого для формирования геля, варьируются [101].

Jankowski с соавт. использовали очень низкую концентрацию 0,6% для образования геля с 0,3 М CaCl_2 . Различные исследователи [102] изучали факторы, влияющие на приготовление гранул, такие как концентрации альгината (1–2%) и CaCl_2 (0,05–1,5 М), сроки отверждение гранул и концентрация клеток при капсулировании пробиотиков. Гели, полученные с использованием иона с низким содержанием кальция или альгината, имели низкую механическую прочность [103]. CaCl_2 0,5 М и 1–2% альгината дали наибольшую прочность.

Кроме того, размер и сферичность капсул зависят главным образом от вязкости раствора альгината натрия и расстояния между шприцем и раствором для сбора хлорида кальция. По мере увеличения концентрации и, следовательно, вязкости альгината натрия размер капсул уменьшается.

Успех технологии инкапсуляции альгинатного геля обусловлен нежной средой, в которой он обеспечивает захваченный материал, низкой стоимостью, простотой, биологической совместимостью с бактериальными клетками и надлежащим образом растворяется в кишечнике и высвобождает захваченные клетки [104].

Kebaru также показал, что *B.bifidum*, инкапсулированный в альгинатных капсулах, выжил в большем количестве в замороженном молоке, чем к-

каррагинан. Добавление пребиотиков (таких как фруктоолигосахариды или изомальтоолигосахариды) и стимулятор роста (пептид) вместе с альгинатом во время инкапсуляции *L. acidophilus*, *L. casei*, *B. bifidum* и *B. longum* обеспечили наибольшую выживаемость пробиотиков [105].

Хотя альгинат является наиболее подходящим вспомогательным материалом, он имеет некоторые ограничения. Существуют два основных ограничения использования альгината: а) низкая стабильность: в присутствии ионов с высоким сродством, таких как фосфат, лактат или цитрат, образуются сшивающие ионы кальция, что приводит к дестабилизации геля. Кроме того, гель дестабилизируется высокими концентрациями не гелеобразующих ионов, таких как Na^+ и Mg^{2+} , потому что Ca^{2+} может быть заменен; б) высокая пористость: благодаря открытой решетчатой структуре распределение пор по размерам является широким, что затрудняет удержание клеток. Клетки могут высвободиться в среду и вызывать низкие начальные клеточные нагрузки. Эти дефекты могут быть эффективно компенсированы путем смешивания с другими соединениями или покрытия другими соединениями, такими как кукурузный крахмал и хитозан [106].

Ксантановая камедь и геллановая камедь. Ксантановая и геллановая камеди являются полисахаридами, полученными путем ферментации.

Ксантан представляет собой полисахарид с β -D-глюкозной основой, подобной целлюлозе, но каждая вторая глюкозная единица присоединяется к трисахариду, состоящему из маннозы, глюкуроновой кислоты и маннозы. Манноза, ближайшая к основной цепи, имеет сложный эфир уксусной кислоты на углероде, и манноза в конце трисахариде связана через углерод и со вторым углеродом пировиноградной кислоты.

В то время как структура геллана состоит из четырех связанных моносахаридов (т.е. простых сахаров), включая одну молекулу рамнозы (сахар, найденный в различных растениях), одну молекулу глюкуроновой кислоты (окисленная молекула глюкозы) и две молекулы глюкозы (компонент сахарозы, который является обычным сахаром). Точная молекулярная формула геллановой камеди может незначительно отличаться (например, в зависимости от степени нейтрализации глюкуроновой кислоты различными солями [107]). Ксантановая камедь в растворе также может образовывать межмолекулярные ассоциации, в результате чего в образовании сложной сети слабосвязанных молекул. Хотя жесткий гель не образуется, наблюдается увеличение вязкости. Для формирования жесткого геля требуется добавление других желеобразующих агентов, таких как геллановая камедь.

Геллановая камедь была успешно использована для микрокапсулирования чувствительных к температуре пробиотиков как *B. longum* ATCC 15707 [108]. Гелеобразование геллановой камеди происходит из-за химического гелеобразования, вызванного катионами, способствующими гелеобразованию, такими как натрий, калий, кальций и магний, которые способствуют агрегации двойных спиралей геллана с образованием трехмерной сети, в результате чего образуются твердые и хрупкие гели. Ацильные

заместители влияют на структуру геллановых гелей. Геллановая камедь, содержащая высокие ацильные группы, образует мягкий и эластичный гель по сравнению с низкой ацильной геллановой камедью, которая образует твердый гель.

Из-за более низкой устойчивости к кислотному состоянию альгината многие исследователи используют смесь ксантановой и геллановой камедей для микроинкапсулирования пробиотиков с использованием химического метода, такого как *B. infantis* и *V.lactis* [109] с оптимальным соотношением ксантана и геллана 1: 0,75. Эта смесь требует ионов кальция для своего гелеобразования.

Каррагинан - это семейство линейных сульфатированных полисахаридов, выделенных из красных водорослей Rhodophyceae. Каррагинан представляет собой высокомолекулярный линейный полисахарид, содержащий повторяющиеся звенья галактозы и 3,6-ангидрогалактозу (3,6 AG), как сульфатированные, так и несulfатированные, соединенные чередующимися - (1,3) и - (1,4) гликозидными звеньями, к-каррагинан трудно растворить при комнатной температуре. Для высокой концентрации требуется 60–90°C (2–5%).

Гелеобразование к-каррагенана зависит от температуры. Охлаждение от 40–45°C раствора к-каррагенана до комнатной температуры после добавления пробиотической культуры вызывает гелеобразование к-каррагенана. Добавление одновалентных ионов, таких как калий (KCl), также приводит к образованию гранул для микрокапсулирования с использованием химического метода. Тем не менее, ингибирующее действие KCl на некоторые молочнокислые бактерии, такие как *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* и *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* сообщается. Эта проблема может быть решена с помощью комбинации к-каррагинана и камеди рожкового дерева с соотношением к-каррагинана и камеди рожкового дерева 1: 2, что обеспечивает высокую прочность геля для инкапсулирования [110].

Смесь повышает стабильность этих микроорганизмов из-за ее меньшей восприимчивости к молочной кислоте, образующейся в процессе ферментации. В 2004 году Doleuges также использовали эту смесь для инкапсулирования пробиотиков в качестве биодобавок. Однако для гелеобразования этой смеси требуются ионы кальция, которые могут влиять на выживаемость некоторых пробиотиков, таких как бифидобактерии [111].

Ацеталфталат целлюлозы является широко используемым полимером для составов с контролируемым высвобождением в фармацевтических препаратах. Это целлюлозный полимер, в котором около половины гидроксильных групп этерифицированы ацетилами, четверть этерифицируется одним или двумя карбоксильными группами фталевой кислоты, а остальная часть остается неизменной. Использование этого соединения для формирования жесткой капсулы при микрокапсулировании зависит от его растворимости в полимерном растворителе или отвердевающей жидкости, особенно в присутствии углеводов, таких как крахмал. Одновременно ацеталфталат целлюлозы также может быть использован в качестве поддерживающего материала при использовании метода распылительной сушки. Ацеталфталат

целлюлозы устойчив к кислотному состоянию желудочного сока; и наоборот, он легко растворяется в кишечном соке ($pH > 6$) благодаря своим отрицательным зарядам.

Rao с соавторами инкапсулировали *B. pseudolongum* с использованием метода эмульсии. Он продемонстрировал более высокую выживаемость этого микроорганизма после прохождения через желудочный сок (10^9 КОЕ) [112].

Favaro-Trindale и Grosso также оценили устойчивость *B. lactis* (Bb-12) и *L. acidophilus* (La-05), инкапсулированных в ацеталфталат целлюлозы, с использованием метода распылительной сушки в кислой и высокой концентрации желчных солей. Они обнаружили, что эти микроорганизмы были хорошо защищены. После 2 часов инкубации было обнаружено только 1 log снижение с последующим их быстрым высвобождением в pH кишечного сока [113].

Желатин используется для капсулирования из-за его амфотерной природы. Он также превосходит, когда его используют с полисахаридами, образующими анионный гель, такими как геллановая камедь. Тем не менее, заряд желатина меняется на положительный, когда pH ниже его изоэлектрической точки и вызывает сильное взаимодействие с отрицательным зарядом геллановой камеди [114].

Hyndman сообщил об инкапсуляции *L. lactis* с использованием этого метода. Высокая концентрация желатина (24%) была смешана с клеточной суспензией и затем сшита с толуол-2,4-диизоцианатом. Эти микрокапсулы были использованы для производства биомассы. Сывороточный белок также представляет интерес в качестве материала стенки для микрокапсулирования пробиотиков.

Guerin с соавт. исследовали защитный эффект смешанного геля, состоящего из альгинатных, пектиновых и сывороточных белков для инкапсуляции *B. bifidum* в смоделированный желудочный сок и раствор желчной соли. После 1 ч инкубации в кислой среде сообщалось о менее чем одном логарифмическом снижении (pH 2,5). Кроме того, двойное нанесение покрытия повышает устойчивость клеток к кислотному состоянию и более высоким концентрациям желчных солей [115].

Хитозан, поли β (1,4) 2-амино-2-дезоксид-Д-глюкоза, представляет собой гидрофильный полимер, полученный в промышленности путем гидролиза аминоацетильных групп хитина щелочной обработкой. После деацетилирования получают сухие хлопья хитозана, которые затем измельчают для получения тонкодисперсного хитозана. Смешивание с органической кислотой дает кислотную смесь хитозана. Не содержащий аминов хитозан может быть получен путем растворения хитозана в кислоте и фильтрации.

Осадок промывают и сушат. Его эффективность для повышения жизнеспособности пробиотиков не обещает. Поэтому его обычно используют в качестве материала для покрытия микрокапсул, чтобы повысить стабильность или защиту используемых материалов стенок. Хитозан, положительно

заряженный полиамин, образует полупроницаемую мембрану вокруг отрицательно заряженного полимера, такого как альгинат [116].

Крахмал. Крахмал является важным диетическим компонентом, связанным с физиологией и функциями толстой кишки, и обладает потенциальной защитой от колоректального рака.

Устойчивый крахмал - это крахмал, который не переваривается амилазами поджелудочной железы в тонкой кишке. Когда он достигает толстой кишки, он может подвергаться ферментации с помощью микрофлоры кишечника, продуцируя короткоцепочечные жирные кислоты и понижая рН просвета. Устойчивый крахмал также обеспечивает поверхность для адгезии пробиотиков, улучшая доставку жизнеспособных и метаболически активных пробиотиков в кишечный тракт.

Mattila-Sandholm с соавт. сообщили, что инкапсулированные молочнокислые бактерии в крахмале с последующей лиофильной сушкой могут выживать, по меньшей мере, 6 месяцев при комнатной температуре и, по меньшей мере, 18 месяцев в замороженном состоянии. Крахмал также может быть использован в качестве стенового материала с другим соединением в качестве альгината. Капсулы с альгинатным / крахмальным жидким ядром обладают способностью инкапсулировать *L. acidophilus* без потери жизнеспособности и способности к ферментации [117].

Капсулы обеспечивают достаточную диффузию питательных веществ и метаболитов для поддержания роста инкапсулированных клеток.

Talwalkar и Kailasarathy использовали смесь альгината и крахмала для формирования капсулированных шариков *L. acidophilus* и *B. lactis* методом экструзии. Инкапсулированные клетки были хорошо защищены от кислородного отравления из-за ограничения диффузии кислорода через гель, что приводило к образованию бескислородной области в центре гранул. Добавление крахмала в процесс инкапсулирования также повышает выживаемость бактерий по сравнению с бактериями, инкапсулированными без крахмала [118].

Из-за проблем со стабильностью и структурой капсул применяются специальные обработки, такие как нанесение покрытий, для улучшения свойств капсул. Покрытия не только предотвращают высвобождение клеток, но также увеличивают механическую и химическую стабильность капсулы. Различия в применяемых процедурах и материалах велики; однако используются две основные процедуры. Первая - одностадийная процедура, которая может быть выполнена методами экструзии или эмульсии. В обоих методах материал покрытия добавляют в гелеобразующий раствор (такой как раствор CaCl_2). В методе экструзии материал стенки, содержащий пробиотики, сбрасывают непосредственно в ванну с гелеобразующим раствором, содержащую материал покрытия. На границе раздела между материалами стенок и растворами покрытий образуется сложная мембрана, которая аналогична эмульсионному методу, в котором используется эмульсия материала стенок и материала покрытия, содержащая пробиотики, и затем разрушается добавлением

гелеобразующего раствора. Это дает шарики со сложной мембраной материала стенки / покрытия, окружающей сердцевину из материала жидкой стенки. Второй и более распространенный способ - это двухэтапная процедура, при которой сначала производят капсулы, а затем переносят их в раствор поликатионного материала покрытия. Это дает капсулу с мембраной 10-30 нм, сформированной вокруг шариков. Покрытие микросфер не только увеличивает размер, но и увеличивает толщину мембраны [119].

1.5.2 Методы инкапсулирования пробиотиков

Существует множество методов микрокапсулирования, которые можно применять для захвата пробиотических бактерий. Их можно разделить на две категории: физические методы (такие как сушка распылением и методы сушки вымораживанием) и химические методы (такие как метод улавливания гидроколлоидного геля). Физические методы включают превращение жидкости в твердую неподвижную матрицу в виде сухого порошка, тогда как химические методы связаны с образованием матрицы гидроколлоидного геля посредством химической реакции и сшивки каждой молекулы гидроколлоида. Пробиотики, инкапсулированные физическими методами, высвобождаются путем регидратации, тогда как пробиотики, инкапсулированные в гелевой матрице химическими методами, высвобождаются только тогда, когда гелевая матрица разрушается из-за изменения рН или ионных условий. Обычно пробиотики, заключенные в гелевую матрицу, остаются инкапсулированными во влажных продуктах. Пробиотики, инкапсулированные сушкой, высвобождаются, как только они становятся влажными.

Метод распылительной сушки. Распылительная сушка является старейшим методом микрокапсулирования, который использовался для капсулирования ароматизирующих соединений и масла с помощью различных типов материала стенок, таких как гидроколлоиды (гуммиарабик, производные целлюлозы), углеводы (модифицированный крахмал), белок (концентрат сывороточного белка, казеин) [120]. Этот метод также использовался для сушки суспензии пробиотиков вспомогательными материалами, которые защищают пробиотики от термического повреждения во время сушки и хранения. Распылительная сушка очень быстрый процесс сушки; пробиотические клетки не страдают от серьезных термических повреждений. Быстрое испарение воды из капель не позволяет повысить температуру продукта даже при высокой температуре воздуха на входе. Однако для сушки пробиотиков обычно выбирают умеренные температурные условия распылительной сушки (температура воздуха на входе менее 160° С), так как очень высокие температуры осушающего воздуха вредны для жизнеспособности пробиотических бактерий [121]. Потеря жизнеспособности из-за жары в основном вызвана повреждениями цитоплазматической мембраны, включая клеточную стенку, рибосому и ДНК. Стационарная фаза пробиотиков является более термостойкой, чем другие, для микрокапсулирования с использованием методов распылительной сушки. Тем не менее, надлежащая регулировка и

контроль условий обработки, особенно на входе и выходе Температуры воздуха для сушки и добавления пребиотиков могут обеспечить получение жизнеспособных капсулированных пробиотиков с желаемым гранулометрическим составом порошка.

Выживание пробиотиков во время сушки зависит от температуры используемого воздуха для сушки, типов и штаммов пробиотиков и типа материалов стенок. При температуре воздуха на входе 100° С и низкой температуре воздуха на выходе 45°С O'Riordan произвел микрокапсулированный *Bifidobacterium* sp. использование желатинизированного модифицированного крахмала в качестве материала стенок с более высокой жизнеспособностью, чем у более высоких температур на входе (> 120° С) и температур на выходе (> 60° С) [122].

Другие исследователи также сообщили, что выживаемость пробиотиков снижается с увеличением температуры на входе во время процесса распылительной сушки. Для большей выживаемости Lian с соав. предложили использовать 10% желатина, гуммиарабика или растворимого крахмала с температурой на выходе 50°С [123].

Аналогичный результат был получен в исследовании Desmond и др. когда смесь восстановленного обезжиренного молока и аравийской камеди использовалась для микроинкапсулирования *L. paracasei* NFBC 338 [124]. После высыхания была обнаружена большая жизнеспособность инкапсулированных клеток, также были обнаружены во время хранения при 4°С и в желудочном соке соответственно. Распылительная сушка (температура на входе 130°С и температура на выходе 75°С) инкапсулированных клеток *B. lactis* и *L. acidophilus* с использованием ацетата фталата целлюлозы не показала изменений в количестве *B. lactis* Bb 12, но жизнеспособность *L. acidophilus* La 05 снизилась двумя логарифмическими циклами [113 бс.].

Crittenden и др. высушенный распылением *B. infantis* в пленкообразующем белке-углевод-масле (казеин-фруктоолигосахарид-масло) при температуре на входе 160°С и температуре на выходе 65°С [125]. В некоторых случаях исследователи использовали более высокие температуры, Zhao R., Sun J., Torley P. сообщили о высокой выживаемости *L. acidophilus*, микрокапсулированных при использовании распылительной сушки (температура воздуха на входе 170°С и температура воздуха на выходе 85–90°С) и смеси β-циклодекстрина и камеди акации в качестве стеновых материалов, таких как: 10⁹ КОЕ г⁻¹ после процесса сушки и 10⁷ КОЕ г⁻¹ после 8 недель хранения при 4°С [126]. Ying D., Phoon M. с соавт. сообщили о *L. rhamnosus* GG (LGG), инкапсулированном в смеси сывороточного белка и устойчивого крахмала с использованием метода распылительной сушки, который имел лучшую стабильность при хранении по сравнению с методами сублимационной сушки [127].

Хотя в распылительной сушке присутствовало большее количество воды, чем в лиофилизированных микрокапсулах, подвижность воды была аналогичной для соответствующих условий хранения, поскольку, вероятно,

была микроструктурная разница между двумя порошками, поскольку лиофилизированный порошок, будучи пористым по природе, имеет большое твердое воздушно-твердое вещество. область интерфейса, которая вызвала более высокую смертность микроорганизмов. Это, возможно, объясняет улучшение выживаемости пробиотиков в высушенных распылением микрокапсулах. Добавление пребиотиков во время распылительной сушки может улучшить выживаемость капсулированных пробиотиков во время сушки, а также хранения. Vila-Garcia и Pedroza-Islas R. сообщили, что добавление пребиотика, такого как олигосахарид, в смесь материалов стенок изолята сывороточного белка, пектина и карбоксиметилцеллюлозы улучшило выживаемость инкапсулированного *L. acidophilus* [128].

В 2011 году Fritzen-Freire и Prudencio E., Amboni R. провели микроинкапсулирование *Bifidobacterium* BB-12, используя распылительную сушку с восстановленным обезжиренным молоком в качестве материала стенки и некоторыми пребиотиками, такими как инулин, олигофруктоза и инулин, обогащенный олигофруктозой. При хранении при 4 ° C была обнаружена более высокая выживаемость этого организма, чем при использовании только восстановленного обезжиренного молока [129]. Аналогичный результат был получен Leja K. с соавт. когда *L. rhamnosus* GG инкапсулировали в смеси декстрана и поливинилпирролидона (PVP) и смеси обезжиренного молока, олигофруктозы и полидекстрозы соответственно [130]. Кроме того, добавление некоторых экстрактов листьев, таких как *Moringa oleifera*, также может повысить выживаемость микрокапсулированных *Lactobacillus* sp. с использованием метода распылительной сушки с использованием мальтодекстрина в качестве инкапсулирующего материала.

В некоторых результатах утверждается, что тип сопел, используемых для микроинкапсулирования с использованием методов распылительной сушки, также может влиять на выживаемость захваченных клеток. В 2009 году Al S., Al T. сообщили, что использование сопла для ультразвукового распыления дало меньшие и более однородные капли по сравнению с традиционными методами: распылительная сушка с центробежными и стационарными соплами с двойной жидкостью, с наименьшим уменьшением количества этого микроорганизма после сушки [131]. Распылительную сушку можно также использовать для сушки частиц в форме микрокапсулированные материалы, которые производятся химическими методами. Например, Oliveira с соавт. высушенные распылением микрокапсулы, содержащие *B. lactis* (BI 01) и *L. acidophilus* (LAC 4), полученные комплексной коацервацией с использованием комплекса казеин / пектин в качестве материала стенки. Эти капсулы показали более высокую устойчивость к кислой среде имитируемого желудочного сока. Они также сохраняли свою жизнеспособность на протяжении всего исследования при хранении при 7° C в течение 120 дней [132].

Goderska и Czarnecki инкапсулировали *L. acidophilus* DSM 20079 и *B. bifidum* DSM 20239 в модифицированном крахмале и альгинате с использованием метода экструзии с последующей распылительной сушкой при

температуре воздуха на входе 185 °С и температуре воздуха на выходе 85 °С [133]. Результат показал высокую выживаемость этих микроорганизмов как $7,32 \times 10^9$ и $1,24 \times 10^{10}$ КОЕ г⁻¹, соответственно, после сушки. Инкапсуляция в альгинатно-желатиновые микрокапсулы методом экструзии с последующей распылительной сушкой успешно улучшила выживаемость *L. casei* ATCC 393. Микрокапсулы содержали 10^7 КОЕ г⁻¹ капсул. В 2011 году Sohail A. с соавторами сообщили, что качество хранения микрокапсулированных *L. rhamnosus* GG (ATCC 53130) и *L. acidophilus* NCFM в альгинатном геле с использованием новых падающих аэрозолей и мальтодекстрина с последующей распылительной сушкой с температурой на входе 120°С и температура на выходе 60°С была улучшена. Всего 3 log сокращение произошло в течение шести месяцев хранения [134].

Метод сублимационной сушки. Сублимационная сушка является одним из более старых методов, используемых для длительного сохранения бактериальных культур. Процесс сублимационной сушки можно разделить на три этапа: замораживание, первичная сушка и вторичная сушка. Смесь пробиотиков и материала носителя или стенок в воде сначала замораживают при температуре от -90 до -40°С, а затем сушат путем прямой сублимации при низком давлении и пониженной температуре (от -90 до -20°С). Пористая, не усохшая структура пробиотических культур получается после лиофилизации. Несмотря на то, что лиофилизация является наиболее популярным методом сушки в микробиологической промышленности, она все же вызывает потерю жизнеспособности клеток [135]. Одной из основных причин, влияющих на потерю жизнеспособности, является этап замораживания образца. Процесс замораживания, особенно скорость замораживания, может повредить клетки во время сушки. Для улучшения выживаемости пробиотиков применяются криопротекторы, такие как белок, мальтодекстрин или дисахариды. Кроме того, использование высокой энергии, длительное время обработки и открытая пористая структура являются факторами, которые являются недостатком при использовании лиофилизации для микрокапсулирования пробиотических культур. Сушка вымораживанием примерно в 30–50 раз дороже, чем сушка распылением [136]. Поэтому в настоящее время существует ряд исследований, которые были направлены на распылительную сушку пробиотической культуры.

Многие исследования показали, что криопротекторные соединения или замораживающая среда или материал стенок сильно влияют на выживаемость пробиотических бактерий при лиофилизации. В 2006 году Morgan C., Herman N., White P. сообщили, что соединения криопротектора могут быть классифицированы на две группы как соединения, образующие аморфное стекло и кристаллизованные эвтектические соли. Соединения, которые образуют аморфные стекла, термодинамически нестабильная высоковязкая жидкость, представляют интерес для использования при лиофилизации пробиотиков. Эти соединения включают углеводы, белки и полимеры. Образование аморфного стекла вызывает достаточную вязкость внутри и

снаружи пробиотических клеток, снижая молекулярную подвижность до минимального уровня. Это приводит к лучшему защитному эффекту в процессе сушки вымораживанием [135 5с].

Добавление криопротекторов во время сублимационной сушки лактобацилл также использовалось для преодоления инактивации во время хранения. Freezedried *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* выживал лучше во время хранения при -20° С в течение 10 месяцев, когда в сушильную среду добавлялись фруктоза и сорбит.

Молоко или обезжиренное молоко является одним из лучших криопротекторных соединений, используемых при лиофилизации пробиотиков. Добавление молока вместе с пробиотическими бактериями перед сублимационной сушкой может повысить выживаемость клеток при хранении. Ученые Saarela M., Virkajarvi I. изучали влияние пищевой матрицы, используемой при лиофилизации *B. animalis* subsp. *lactis* E-2010 (Bb-12). Клетки, заключенные в молоко с низким содержанием жира, лучше переносят кислоту и желчь, чем во фруктовом соке. Несмотря на хорошую стабильность в молоке, устойчивость клеток к кислоте и желчи снижалась во время хранения [137].

Volla с соавт. также изучали влияние лиофилизации на жизнеспособность пробиотика, инкапсулированного в молоке и кисломолочном молоке, при хранении при 4° С в течение 6 месяцев. Они обнаружили, что пробиотики, заключенные в молоко, показали лучшую выживаемость, чем ферментированное молоко. Кроме того, добавление сахаров (трегалозы или сахарозы) не улучшило выживаемость каких-либо испытанных пробиотиков [138]. Аналогичный результат был получен из исследования Goderska и Czarneski (2008), которые обнаружили, что наибольшая выживаемость инкапсулированных *L. acidophilus* DSM 20079 и *B. bifidum* DSM 20239, подвергнутых лиофильной сушке, была получена с использованием обезжиренного молока в качестве криопротектора [133 8с]. Самая высокая выживаемость *L. rhamnosus* GG была также отмечена в случае лиофилизированных клеток в молоке.

Подобно способу распылительной сушки капсулирования, добавление пребиотиков (инулина, фруктоолигосахаридов и т.д.) в качестве криопротектора также представляет интерес для сублимационной сушки. Сахароза, фруктоолигосахариды (FOS) и обезжиренное молоко значительно повышали выживаемость пробиотиков во время сушки вымораживанием; в то время как обезжиренное молоко и инулин обеспечивали наибольшую жизнеспособность клеток при хранении *L. reuteri* TMW1.106 [138].

Метод сублимационной сушки может также использоваться после химических методов микроинкапсулирования для преобразования капсулированные пробиотики в форме порошка. Ли с соавт. применяли лиофилизацию после того, как *L. bulgaricus* KFRI 673 инкапсулировали в микрокапсулы с альгинатом кальция, покрытые хитозаном, для улучшения качества хранения. Недавно также использовали метод масляной эмульсии с

использованием комбинации кукурузного крахмала с высоким сопротивлением и инулина в качестве криопротекторов во время микрокапсулирования *L. casei* MTCC 1423 в альгинате кальция с последующей сушкой вымораживанием.

Метод распылительной сублимационной сушки. Распылительная сублимационная сушка (SFD) - это новая технология, которая включает распыление раствора в холодную среду, такую как жидкий азот. Воду полученной замороженной капли удаляют обычным методом вакуумной сублимационной сушки [139]. Этот метод обеспечивает контролируемый размер и большую удельную площадь, чем высушенные распылением микрокапсулы. И наоборот, высокое потребление энергии, длительное время обработки и более высокая стоимость (30–50 раз распылительной сушки) являются ограничением этого метода [140]. Покрытие микрокапсул может применяться в качестве дополнительной оболочки для лучшей защиты инкапсулированных пробиотиков от неблагоприятных условий. Кроме того, Dolly который инкапсулировал *L. plantarum* с сывороточным белком, используя метод SFD, продемонстрировал, что инкапсулированные клетки имели жизнеспособность примерно на 20% выше, чем высушенные распылением клетки, и до 4 часов лучшую переносимость, чем высушенные распылением или высушенные вымораживанием клетки в кислой среде и в пепсине [141].

Методы микрокапсулирования: химические методы (методы гидроколлоидного геля). Химический метод или метод гидроколлоидного геля представляют собой методы инкапсуляции, в которых пробиотики захватываются или инкапсулируются в гелевую матрицу материала стенки посредством химического гелеобразования. Существует несколько способов создания капелек гелеобразующего материала, содержащих пробиотики. Все эти методы производят шарики размером от микрона до миллиметра. Гранулы, инкапсулированные с пробиотиками, находятся во влажной форме, которая может быть лиофилизирована или высушена распылением путем добавления вспомогательных материалов. Пробиотики остаются инкапсулированными даже после регидратации, так как матрица геля нерастворима в воде.

Метод экструзии. Экструзия является старейшим и наиболее распространенным способом изготовления капсул с гидроколлоидами [98 17с]. Он включает приготовление раствора гидроколлоида (такого как альгинат и каррагинан), добавление к нему микроорганизмов и выдавливание суспензии клеток через иглу шприца в форме капель для свободного падения в отвердевающий раствор [106 9с]. Гелеобразующая ванна содержит двухвалентную соль, обычно CaCl_2 . Размер и форма капсул зависят от диаметра иглы, расстояния свободного падения и поверхностного натяжения раствора для схватывания ванны соответственно.

Этот метод является наиболее популярным из-за его простоты, низкой стоимости и мягких условий приготовления, обеспечивающих высокое сохранение жизнеспособности клеток. Вредные растворители не участвуют в этом методе, который можно использовать как в аэробных, так и в анаэробных условиях [98 7 с]. Ограничением этого метода является сложность увеличения

из-за медленного образования микрокапсул. Кроме того, могут быть использованы устройства для совместной экструзии или сбрасывания в ванну материала покрытия, которые реагируют на поверхности капли. Хотя диаметр капсул (2–5 мм), образующихся в этом методе, обычно больше, чем диаметр капсул, полученных в эмульсионном методе, капсулы большего размера обеспечивают лучшую защиту инкапсулированных пробиотиков от кислотной и желчной солей в условиях искусственного желудочного сока, а также кислотные и вредные соединения в йогурте и фруктовых соках [119 Зс].

Электростатическое распыление. Электростатическое распыление или электрораспыление или электрогидродинамическое распыление - это метод, который использует электричество для рассеивания жидкости, что приводит к тонкому аэрозолю из-за электростатической силы, действующей на заряженную поверхность жидкости. Высокое напряжение (5–25 кВ), которое может быть статическим или импульсным, применяется для установления электростатического потенциала между иглой (обычно стеклянным или металлическим капилляром), питающей смесь материала стенок и пробиотической культуры. и гелеобразующая ванна, которая заземлена или имеет противоположный заряд. Сильные электрические поля не вызывают потери жизнеспособности и активности клеток во время инкапсуляции.

Обычно смесь, достигающая наконечника эмиттера, образует конус Тейлора, выпускающий поток жидкости через наконечник. Волны на поверхности потока приводят к образованию мелких и сильно заряженных капель жидкости. Размер микрокапсул контролируется путем регулировки величины напряжения. Материал стенок можно подавать в машину с помощью шприцевого насоса. Размеры капсул примерно 100 мкм в диаметре с узким распределением по размерам. Размер капсулы также зависит от напряжения и расстояния между кончиком иглы и гелеобразующей ванной, концентрацией материала стенки, скоростью потока смеси, а также диаметром иглы. Хотя этот метод является экономически эффективным методом, ограничением этого метода является требование низкой вязкости жидкой смеси [142]. Этот метод также производит капсулы в воспроизводимых, мягких и стерильных условиях.

Эмульсионный метод. Принцип этой техники основан на взаимосвязи между прерывистой и непрерывной фазами. Небольшой объем клеточной и полимерной суспензии или инкапсулирующих материалов (прерывистая фаза) добавляют к большому объему растительного масла (непрерывная фаза), такого как соевое масло, подсолнечное масло, масло канолы или кукурузное масло. В некоторых исследованиях также использовалось парафиновое масло и минеральное масло. Смесь гомогенизируют с образованием эмульсии вода-в-масле. После образования эмульсии вода-в-масле водорастворимый полимер должен быть нерастворенным (сшитым) для образования мельчайших частиц геля в масляной фазе путем добавления отвердителя. Чем меньше размер частиц внутренней фазы эмульсии, тем меньше будут конечные микрочастицы.

В некоторых случаях эмульгаторы добавляются для образования лучшей эмульсии, потому что эмульгаторы снижают поверхностное натяжение, что

приводит к образованию маленьких сфер. Самым распространенным эмульгатором является Tween 80 в концентрации 0,2% использовали Твин 80 вместе с 0,5% лаурилсульфатом натрия, что дало капсулы размером 25–35 мкм. Микрокапсулы, полученные эмульсионным методом, обычно извлекаются методом мембранной фильтрации. Размер капсул регулируется скоростью перемешивания и может варьироваться от 25 мкм до 2 мм. Этот метод был успешно использован для инкапсуляции молочнокислых бактерий для периодической и непрерывной ферментации. Oliveira с соавт. инкапсулировали *B. lactis* и *L. acidophilus* в комплекс казеин/пектин с использованием эмульсионного метода с последующей сушкой [132 5с]. Они заметили, что процесс эмульсии, сушка и образование комплекса казеин/пектин не обеспечивали эффективной защиты этих пробиотиков в кислой среде, аналогичной желудку человека. С другой стороны, эти микроорганизмы сохраняли большую жизнеспособность при температуре хранения 7°C. Техника эмульсии может быть легко расширена для крупномасштабного производства. Однако он включает несколько дополнительных процессов, таких как эмульгирование и отделение масла. Размер капсул, образованных этим методом, меньше (2–25 мкм), чем размер капсул, полученных другими методами. Размер капсул зависит от скорости перемешивания, типа используемого эмульгатора и соотношения между водой и маслом.

Эмульсионный метод также может быть использован с ферментативным гелеобразованием. В некоторых странах использование гидроколлоидов, таких как альгинат каррагенана и ксантановой камеди, в молочных продуктах запрещено; поэтому использование молочного белка (казеина) представляет интерес из-за его превосходных свойств гелеобразования и является естественным носителем. Смесь пробиотической культуры и казеина эмульгируют с последующим добавлением фермента сычужного фермента при соответствующих условиях реакции этого фермента. Образуются нерастворимые в воде микросферы белкового матрикса, захватывающие пробиотические клетки. Инкапсулированные пробиотики могут быть дополнительно высушены. Pimentel и Gonzalez также сообщили об использовании сладкой сыворотки для инкапсуляции *L. rhamnosus* с использованием эмульсионной техники. Выживаемость составляла 71% и 89% в условиях низкого pH и желчной соли соответственно [143].

1.6 Заключение и выводы по литературному обзору

На основании проведенного анализа литературных данных как отечественных, так и зарубежных источников, установлено, что интерес к процессу производства функциональных кисломолочных продуктов с пробиотиками все возрастает.

Одним из приоритетных направлений современной пищевой промышленности является разработка функциональных продуктов питания оказывающих регулирующее действие на физиологические функции, биохимические реакции и психосоциальное поведение человека через

нормализацию его микроэкологического статуса. Особую роль в функциональном питании ученые отводят кисломолочным продуктам с пробиотиками, которые оказывают более выраженное функциональное воздействие на организм человека, за счёт комплексного действия пробиотиков.

Однако, на сегодняшний день, традиционные технологии производства сталкиваются с некоторыми проблемами, в частности, с проблемой сохранения и доставки жизнеспособных клеток пробиотиков в отделы ЖКТ с целью проявления терапевтических свойств.

Проведенный поиск информационных данных, позволил сделать вывод, что исследовательские работы, связанные с созданием функциональных продуктов питания, разработанные на основе естественного пищевого сырья, с включением инкапсулированных пробиотиков, является перспективным направлением.

На основании вышеизложенного была сформулирована цель работы - на основании теоретических и экспериментальных исследований разработать технологию производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками для функционального питания.

В соответствии с целью сформулированы задачи исследований:

- исследовать и обосновать выбор материалов используемых для инкапсулирования;
- исследовать и обосновать выбор пробиотиков для инкапсулирования;
- исследовать жизнеспособность инкапсулированных пробиотиков в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт;
- исследовать хранимоспособность инкапсулированных пробиотиков;
- разработать технологию питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками и исследовать его пищевую и биологическую ценность;
- исследовать хранимоспособность питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками;
- разработать и утвердить нормативно-техническую документацию на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками.

2 МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

2.1 Организация эксперимента, объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на базе Государственного университета имени Шакарима в лабораториях кафедр «Технология пищевых и перерабатывающих продуктов», «Биотехнология и стандартизация», в ИРЛИП «Научный центр радиоэкологических исследований», в отделе СибНИИС ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (г. Барнаул), в испытательной лаборатории ТОО «Нутритест», в Семейском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности».

Производственная апробация разработанной технологии была проведена в молочном цехе крестьянского хозяйства «Каликанулы». Производственная апробация установки была проведена в Семейском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности».

В соответствии с поставленными целью и задачами была разработана схема организации исследований (рисунок 6). При выполнении диссертационной работы использован комплекс общепринятых и стандартных методов исследований в соответствии нормативной документацией Республики Казахстан. При проведении экспериментов использовались следующие методы: микроскопия с использованием растрового электронного микроскопа, химические и микробиологические методы исследования. Обработка экспериментальных данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel. Экспериментальные исследования проводились с 5-ти кратным повтором.

В качестве исследуемых объектов выбраны:

- Штаммы пропионовокислых бактерий (*Propionibacterium acidipropionici*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Propionibacterium thoenii*) получены из ООО «Барнаульская биофабрика» (Барнаул, Россия).

- альгинат натрия ГОСТ 33310-2015;
- желатин ГОСТ 11293-89;
- амидированный пектин ГОСТ 33310-2015;
- инкапсулированный пробиотик;
- питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками.

Предметом исследования были:

- процесс инкапсулирования пробиотиков и его жизнеспособность в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт;
- технология производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

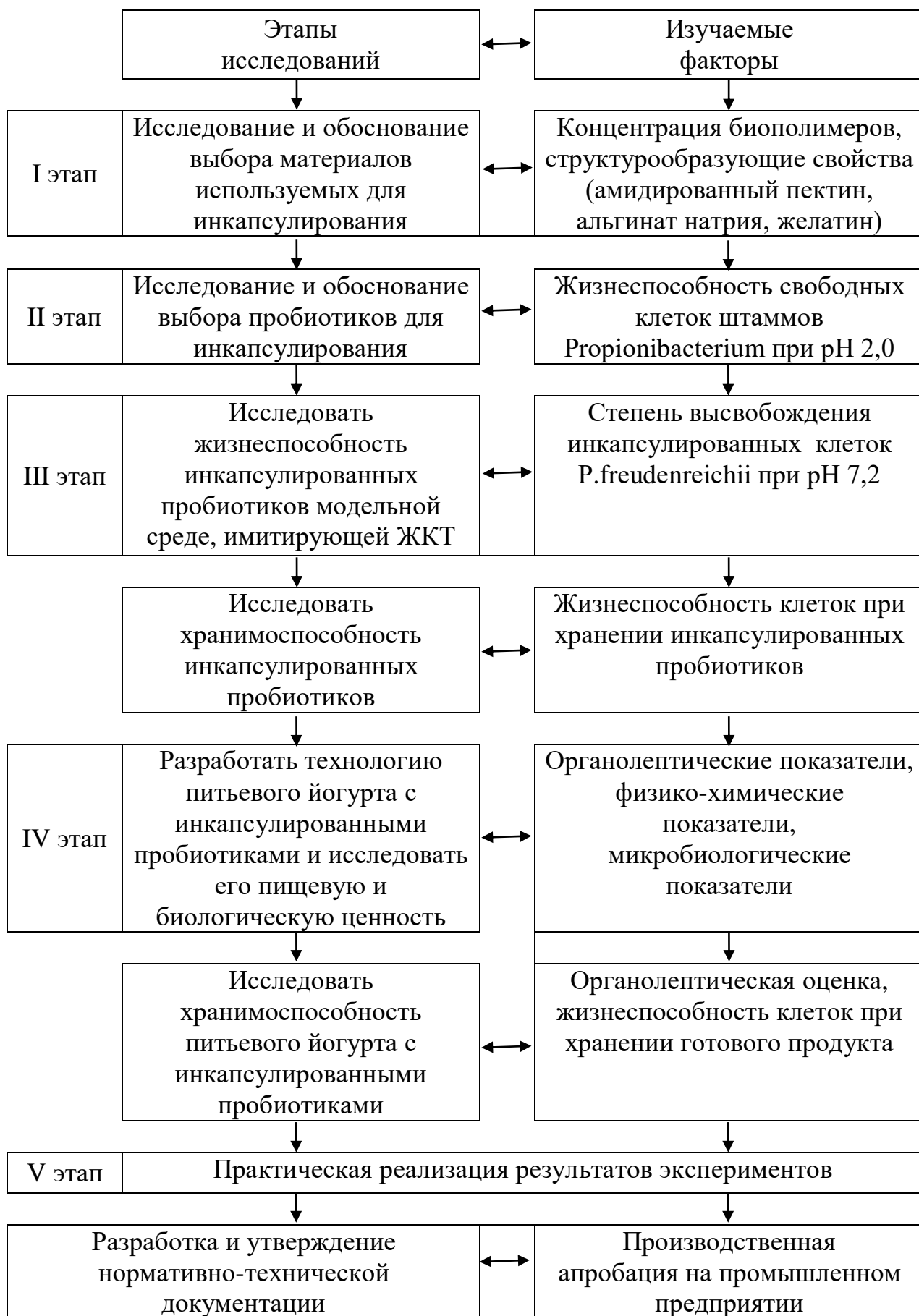


Рисунок 6 – Схема организации исследований

Исследования проводились в несколько этапов.

На первом этапе на основании экспериментальных данных обоснован выбор материалов используемых для инкапсулирования. Альгинат натрия $(C_6H_7O_6Na)_n$, желатин, амидированный пектин и хлорид кальция $CaCl_2$ были приобретены в ТОО «KazХимБаза» (г. Алматы, Казахстан).

На втором этапе исследован и обоснован выбор пробиотиков для инкапсулирования. Штаммы пропионовокислых бактерий (*Propionibacterium acidipropionici*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Propionibacterium thoenii*) получены из ООО «Барнаульская биофабрика» (г. Барнаул, Россия).

На третьем этапе исследован процесс инкапсулирования пробиотика в альгинатно-желатиновую капсулу, а также исследована жизнеспособность инкапсулированных пробиотиков в модельной среде, имитирующей желудочно-кишечный тракт. Даны результаты исследований хранимоспособности инкапсулированных пробиотиков.

На четвертом этапе разработана технология питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками. Представлен аминокислотный и жирнокислотный состав йогурта, результаты определения микробиологических показателей и показателей безопасности. Определен предельный срок хранения питьевого йогурта.

На пятом этапе разработана нормативно-техническая документация на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками. Проведена апробация технологии производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

2.2 Методы исследований

2.2.1 Метод отбора проб

Отбор проб пищевых продуктов (молока) проводился в соответствии с ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу.

2.2.2 Методы определения химического состава и физико-химических свойств молока и молочных продуктов

Химический состав и физико-химические свойства молока и молочных продуктов определены следующими методами:

- массовая доля влаги и сухих веществ по ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества;

- массовая доля жира по ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира;

- массовая доля белка по ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка;

- титруемая кислотность по ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности;

- определение плотности по ГОСТ 3625-84 Молоко и молочные продукты. Метод определения плотности;
- микробиологическая обсемененность по ГОСТ 9225-84 Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа;
- определение температуры по ГОСТ 26754-85 с применением цифрового термометра;
- внешний вид, консистенцию, цвет, вкус и запах определяли органолептически по ГОСТ 28283 - 89.

2.2.3 Методика пробоподготовки и измерения на низковакуумном аналитическом растровом электронном микроскопе

Методика пробоподготовки и измерения на низковакуумном аналитическом растровом электронном микроскопе (РЭМ) «JSM-6390LV» фирмы «JEOL» (Япония) в комплекте с системой рентгеновского микроанализа «INCA ENERGY 250» фирмы «OXFORD INSTRUMENTS».

Определение микроструктуры и микроэлементного состава проводили на низковакуумном аналитическом растровом электронном микроскопе (РЭМ) «JSM-6390LV» фирмы «JEOL» (Япония) в комплекте с системой рентгеновского микроанализа «INCA ENERGY 250» фирмы «OXFORD INSTRUMENTS».

При определении элементного состава образцов пищевых продуктов пробоподготовка зависит от вида продукта. Если продукт не содержит влаги, то пробоподготовка сводится только к фиксации продукта на специальном держателе. Чаще всего фиксация производится с помощью специального двустороннего углеродного скотча фирмы «JEOL». Если же продукт влажный, то влагу следует удалить методом сушки.

Образец помещается в выдвигаемую камеру для образцов (рисунок 7), на держатель, который закреплен на предметном столике. Держатели для образцов имеют диаметр 10 мм и 32 мм. Держатели для образцов диаметром 10 мм крепятся в специальный адаптер для четырех образцов. Максимальный диаметр исследуемого образца может достигать 150 мм.

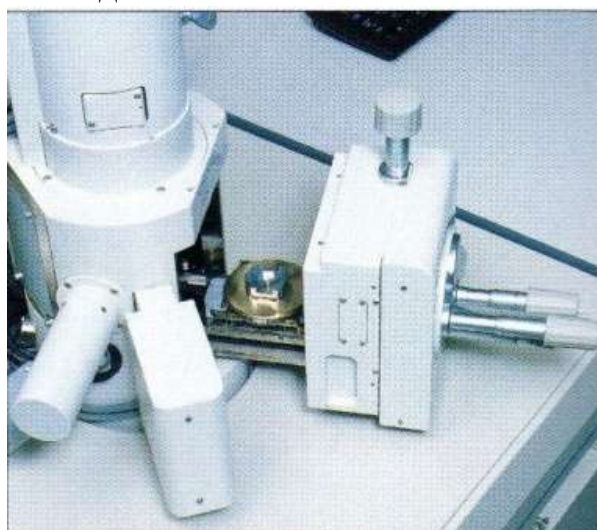


Рисунок 7– Камера для образцов

Для изучения структуры полимеров и капсул на предметный столик клеится двухсторонний углеродный скотч. Предметный столик помещается в камеру для образцов и производится сканирование поверхности образцов [144].

2.2.4 Методы получения и исследования инкапсулированных пробиотиков

2.2.4.1 Получение капсул

На базе лаборатории кафедры «Биотехнология и стандартизация» были проведены эксперименты по получению капсул.

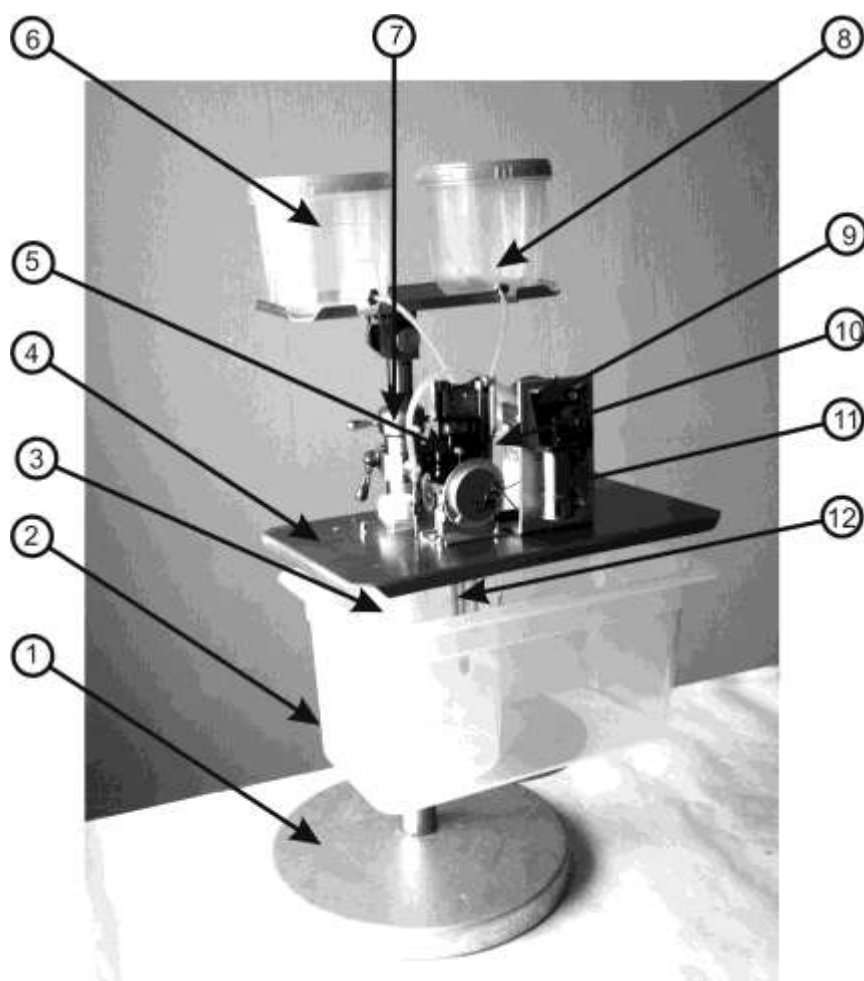
Капсулы были получены экструзионным способом на лабораторной установке для инкапсулирования, разработанной по гранту МОН РК по теме «Научно-практическое обоснование использования инкапсулированных синбиотических препаратов, обладающих иммуностимулирующей активностью, в производстве молочных продуктов», и изготовленному в отделе СибНИИС ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробiotехнологий» г. Барнаул (рисунок 8).

Установка позволяет получать однородные по гранулометрическому составу капсулы с упругой гелеобразной структурой. В качестве гелеобразующей смеси был выбран альгинат натрия и желатин в соотношении 1:1, в качестве формообразующей жидкости применялся хлорид кальция.

Установка состоит из двух устройств, включающих рабочий блок и блок питания и управления. На рисунке 8 приведен внешний вид рабочего блока. Рабочий блок включает штатив (1), на котором крепятся две консоли с возможностью перемещения. Нижняя консоль предназначена для размещения емкости (2) для охлаждающего раствора (воды с льдом). На второй консоли крепится панель исполнительных устройств (4). В верхней части установлена панель для размещения емкостей со смесью для капсулирования и раствором для промывания системы установки (6 и 8). Панель может регулироваться по высоте регулировочной гайкой (7) (рисунок 8).

На панели исполнительных устройств расположены: циркуляционный насос (10), перистальтический насос (9) с датчиком положения ротора перистальтического насоса, встряхиватель (5) с системой направляющих и крепления фильеры. Перистальтический насос предназначен для подачи жидкости от емкости для раствора к фильере. Фильера 2 представляет из себя головку со встроенными инжекторами и патрубка для соединения трубопроводов для подачи жидкости. Фильера крепится к встряхивателю 5. Термостат поддерживает заданную температуру в системе. Емкости для растворов, термостат, перистальтический насос и фильера соединены трубопроводами, изготовленными из силикона. Циркуляционный насос предназначен для перекачки и образования циркуляционных потоков в формообразующей жидкости, что не позволяет слипаться образуемым капсулам.

На панели также расположены трубопроводы циркуляционного насоса и датчик температуры охлаждающего раствора для капсулирования (CaCl_2), в который они погружены. Уровень погружения трубок устанавливают в соответствии с условиями эксперимента. Уровень жидкости в рабочей емкости устанавливают наклоном переливной трубки, расположенной в боковой части рабочей емкости. Переливная трубка предназначена для поддержания уровня жидкости в рабочей емкости в заданном положении. При заполнении рабочей емкости капсулами, уровень жидкости будет повышаться, при этом излишек ее будет сливаться в емкость с охлаждающим раствором.



1-штатив, 2- емкость для охлаждения, 3- емкость для раствора, 4- панель исполнительных устройств, 5- вибратор, 6 – емкость для рабочей смеси, 7- гайка регулировки уровня емкостей, 8- емкость для промывной жидкости, 9- перистальтический насос, 10 – циркуляционный насос, 11 – мотор привода перистальтического насоса, 12- циркуляционная трубка.

Рисунок 8 - Установка для инкапсулирования пробиотиков

Полученные капсулы фильтруют от формообразующей жидкости и промывают в дистиллированной воде (Приложение Б) [145, 146].

2.2.4.2 Получение инкапсулированных пробиотиков

Для получения инкапсулированных пробиотиков готовили гелеобразующую смесь из альгината натрия и желатина в соотношении 1:1. Гелеобразующую смесь готовили следующим образом: в колбу емкостью 100-150 мл наливают 88 мл дистиллированной воды (температура воды 60-70°C) и добавляют при перемешивании 1 г (1%) желатина. Колбу со смесью ставят на электромагнитную мешалку с подогревом, далее смесь нагревают до 70—80° до полного растворения желатина. После растворения желатина в смесь добавляют 1 г (1%) альгината натрия. Смесью время от времени перемешивают до полного растворения альгината натрия. Далее гелеобразующую смесь охлаждают до температуры 40°C. В охлажденную до 40°C смесь вносят клеточную суспензию пробиотика *Propionibacterium freudenreichii* в количестве 10 мл и перемешивают в течение 5 мин. Процесс формирования инкапсулированных пробиотиков осуществляется методом экструзии, как описано в п. 2.2.4.1. Готовую смесь заливают в емкость для рабочей смеси экспериментальной установки, и экструдированную смесь заливают в 100 мл раствора хлорида кальция. Капсулы образовывались сразу же после взаимодействия с раствором хлорида кальция. По истечении 10 минут полученные капсулы фильтруют и промывают в дистиллированной воде.

Приготовление раствора CaCl_2 . В колбу емкостью 100-150 мл наливают 98 мл дистиллированной воды и добавляют при перемешивании 2 г (2%) CaCl_2 . Перемешивают до полного растворения CaCl_2 и охлаждают до 5°C.

2.2.5 Микробиологические методы анализа

2.2.5.1 Подготовка культуры

Для культивирования пропионовокислых бактерий применяется среда следующего состава: сыворотка творожная 1000 г, магний хлористый 0,3 г, натрий лимоннокислый трехзамещенный 1,0 г., калий фосфорнокислый однозамещенный 0,5 г, аскорбиновая кислота 0,1 г, агар микробиологический 1,3 г, активная кислотность (7,0±0,1) ед. рН.

Пропионовокислые бактерии растут в пределах температуры (15-40)°С, хотя есть данные, что рост происходит при более низкой температуре (до минус 10°C). Оптимальная температура развития классических пропионовокислых бактерий (30±1)°С. Оптимальная величина рН роста пропионовокислых бактерий 6,5-7,0, максимальная -8,0, минимальная -4,6.

Наращивание клеток пропионовокислых бактерий проводят при температуре (30±1)° С в течение (24±2) ч в условиях периодического культивирования при однократной нейтрализации культуральной жидкости через 12 ч, поддерживая рН на оптимальном уровне, насыщенном стерильным раствором углекислого натрия (Na_2CO_3). После роста клетки отделяли центрифугированием в течение 10 минут (3200 об/мин, при 4°C), супернатант собирали, а осадок клеток промывали буферным раствором и повторно

диспергировали в альгинатно-желатиновый раствор с получением приблизительно 6×10^9 КОЕ /мл [59 с.103 , 147].

2.2.5.2 Определение устойчивости клеток пробиотиков к условиям модельной среды, имитирующий желудочно-кишечный тракт человека

Пробиотики *Propionibacterium* инкубировали в течение 24 ч при температуре 37°C. После роста клеток, отбирался 1 мл среды с клетками для определения первоначального количества клеток путем серийных разведений и подсчета колоний.

Для установления жизнеспособности клеток пробиотиков в кислых условиях, в модельную среду имитирующий желудочный сок (рН 2,0) добавлялась клетки пробиотиков и инкубировалась при температуре 37°C при помешивании 100 об/мин. Пробы 1 мл отбирались после 30 мин, 60 мин и 120 мин культивирования при рН 2,0.

Количество клеток пропионовокислых бактерий определяли в соответствии с ГОСТ 34372-2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия» [147].

2.2.5.3 Определение степени высвобождения клеток пробиотиков из капсул

Для изучения процесса высвобождение клеток пробиотиков из альгинатно-желатиновых капсул была смоделирована система, максимально приближенная к условиям желудочно-кишечного тракта. Так, инкапсулированные пробиотики помещались вначале в 10 мл среды желудка (рН 2,0), инкубировались в течение 2 ч при температуре 37°C и перемешивании 100 об/мин. Пробы 1 мл отбирались после 30 мин, 60 мин и 120 мин культивирования при рН 2,0. Для высвобождения клеток пробиотиков из полимера, образцы подвергали гомогенизации, используя гомогенизатор марки «Stomacher» в течение 20 мин со скоростью перемешивания 230 об/мин. Затем проводился подсчет клеток.

После 120 мин инкубирования капсулы перемещаются из среды рН 2,0 в 100 мл среды, имитирующую среду тонкого кишечника (рН 7,2), инкубируются в течение 3 часов при температуре 37°C и перемешивании 100 об/мин. Пробы 1 мл отбирались после 30 мин, 60 мин, 120 мин и 180 мин культивирования при рН 7,2. Затем, наполовину растворенные капсулы подвергали гомогенизации в течение 20 мин, скорость оборотов 230 об/мин. Затем проводился подсчет клеток.

2.2.6 Определение упругоэластической деформации капсул

Взяв за основу пенетрометр с игольчатыми инденторами [148] нами была разработана экспериментальная установка для определения прочности капсул, показанная на рисунке 9. Установка состоит из основания 1, на которой установлен корпус прибора 2, на корпусе закреплены направляющие 7, по которым перемещается подвижная рама 5. На подвижной раме сверху установлена горизонтальная площадка для разновесов 3. Под площадкой

имеются подвижная и неподвижная пластины 6, предназначенные для раздавливания капсул.

Установка работает следующим образом: капсула помещается между двумя пластинами 6, на площадку 3 кладется разновес требуемой массы (в нашем случае в пределах от 3 до 10 г. плюс вес самой рамы) и рама 5 опускается. Масса разновеса подбирается таким образом, чтобы разница между высотой капсулы до и после раздавливания была в пределах от 30 до 70 %. Засекается время, которое составляет 3 минуты. Показания снимаются с помощью электронного штангенциркуля. Можно провести измерения так же с помощью оптического микроскопа, помещая капсулу на миллиметровую бумагу и измеряя, таким образом, размер деформации капсулы. Разницу между высотой капсулы до и после раздавливания заносили в таблицу.



1 – основание; 2 – корпус; 3 – площадка для разновесов; 4 – измерительная шкала; 5 – подвижная рама; 6 – площадки для раздавливания капсул; 7 - направляющие

Рисунок 9 - Экспериментальная установка для определения прочности капсул

Модуль упругопластической деформации капсул определяли по формуле:

$$E_{уп} = \frac{Pd}{Sf} \quad (1)$$

где: P – сжимающая нагрузка, Н; d –диаметр капсулы, м; S –площадь нагружения, m^2 ; f – укорочение в направлении действия усилия, $f = d - h$, м; h –высота капсулы после нагружения, м [149].

2.2.7 Определение вязкости питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Для определения вязкости питьевого йогурта использовался ротационный вискозиметр Брукфельда (аналоговый). Для проведения исследований необходимо:

- подготовить пробы. Пробы следует помещать в химическую посуду объемом не менее 600 мл;
- выбрать соответствующий ротор и завинтить к выходному валу ротора;
- аккуратно погрузить рабочий элемент в исследуемую пробу;
- включить вискозиметр;
- выбрать необходимую скорость вращения шпинделя;
- дождаться стабилизации показаний (время стабилизации зависит от скорости вращения и характеристик тестируемой жидкости, обычно после осуществления 5 оборотов шпинделя);
- снять показания с круговой шкалы.

Полученные значения с циферблата круговой шкалы необходимо умножить на табличный коэффициент в зависимости от номера ротора и скорости вращения. Для получения данных в мПа·с полученный показатель циферблата умножают на табличный коэффициент (фактор F), соответствующий определенному подвижному элементу-ротору [150].

2.3 Интегральная оценка сбалансированности продукта

В настоящее время широко используются критерии биологической оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов питания предложенные академиками Липатовым Н.Н. и Роговым И.А. Разработанные ими показатели позволяют оценить аминокислотный состав и его сбалансированность в моделируемом продукте. К данным показателям относятся – коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты, коэффициент утилитарности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности.

Коэффициент утилитарности j -й незаменимой аминокислоты (КУНА), доли ед., рассчитывается по формуле (2):

$$\alpha_j = C_{\min} / C_j, \quad (2)$$

где C_{\min} - минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.;

C_j - скор j -й незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.;

$$C_j = A_j / A_{эj}, \quad (3)$$

где A_j - массовая доля j -й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка; $A_{эj}$ - массовая доля j -й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (КУАС) - U , численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), доли ед. рассчитывается по формуле (4):

$$U = C_{\min} \frac{\sum_{j=1}^n A_{эj}}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (4)$$

Показатель «сопоставимой избыточности» - σ (ПСИ) – содержания незаменимых аминокислот, характеризующий суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические цели, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка-эталона, рассчитывается по формуле (5) :

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{\min} \cdot A_{эj})}{C_{\min}}, \quad (5)$$

Идеальное значение перечисленных показателей приближение к эталонному значению $\alpha_j = 1$, $U = 1$, $\sigma = 0$.

Для получения расчетной информации о массовых долях макро- или микропитательного вещества в продукте применяется формула, описывающая уравнения материального баланса (6):

$$S = \sum_{i=1}^n X_i S_i / \sum_{i=1}^n X_i, \quad (6)$$

где S - массовая доля конкретного макро - или микропитательного вещества в рецептурной смеси в i -м компоненте, %;

X_i - массовая доля i -го компонента в рецептурной смеси, %;

S_i - массовая доля конкретного макро - или микропитательного вещества в i -ом компоненте, %.

Для оценки уровня сбалансированности продуктов питания использовалась обобщенная функция желательности Харрингтона. В основе построения обобщенной функции лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности. Значение частного отклика, переведенное в безразмерную шкалу желательности, обозначается через d_i ($i = 1, 2, \dots, n$) и называется частной желательностью. Задача упрощается, когда исследуемые показатели имеют уже безразмерные величины, в этом случае целесообразно использовать частный вариант обобщенной функции Харрингтона [151, 152].

3 ИНКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИКА P. FREUDENREICHII И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ЕГО В МОДЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ИМИТИРУЮЩИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЙ ТРАКТ

3.1 Исследование и обоснование выбора материалов используемых для инкапсулирования

Инкапсулирование - это процесс, при котором клетки удерживаются внутри инкапсулирующей мембраны для уменьшения повреждения клеток или потери клеток, и он широко используется для защиты микроорганизмов, включая пробиотики, во время транзита через желудочно-кишечный тракт человека.

Инкапсулирование биополимерами как один из самых современных методов оказывающих значительное влияние на выживаемость пробиотиков. Разработка матрицы инкапсулирования может обеспечить физический барьер во время обработки, хранения и в условиях имитирующих желудочно-кишечный тракт. В связи с этим были исследованы биополимерные капсулы полученные методом экструзии [153, 154].

В данной работе в качестве инкапсулирующего материала были выбраны несколько видов биополимеров: амидированный пектин, альгинат натрия, желатин. Для обоснования выбранных инкапсулирующих материалов проведены экспериментальные исследования по определению возможности к капсулообразованию амидированного пектина, альгината натрия и желатина в концентрации 1%, 2%, 3%, а также соотношение желатина и альгината натрия 1/1%, 2/1%, 3/1%, 4/1%.

Основной задачей эксперимента было получение капсул упругих, сферической формы, хорошо сохраняющие структуру, так как правильная форма капсул приводит к получению более высокоэффективного результата. Результаты эксперимента приведены в таблице 4.

Капсулы были получены экструзионным методом на лабораторной установке и исследованы с помощью электронной микроскопии. На основании экспериментальных данных было установлено, что концентрация биополимеров является основным фактором, влияющим на образование сферических капсул. Было обнаружено, после взаимодействия с раствором CaCl_2 различные виды биополимеров с различными концентрациями образуют капсулы разной формы.

Так, при инкапсулировании с 1% водным раствором амидированного пектина капсулы не образуются, поэтому определение их размеров было затруднено.

Полученные капсулы при инкапсулировании с 2 % водным раствором амидированного пектина характеризуется мягкой консистенцией, слабо сохраняющей структурой, не сферичной формой.

При инкапсулировании же с 3 % водным раствором амидированного пектина капсула характеризуется однородной структурой, не сферичной формой и средним размером $3,0 \times 10^{-3} \text{ м}$, однородной гладкой поверхностью и более высокой плотностью в сравнении с капсулой, полученной при инкапсулировании с 2 % водным раствором амидированного пектина.

Таблица 4 - Результаты формирования капсул различными видами биополимеров

№	Полимер	Концентрация (%)	Размеры капсул (10^{-3} м)	Консистенция	Цвет	Внешний вид
1	2	3	4	5	6	7
1	Амидированный пектин	1%	-	-	-	Капсулы не образуются при данных условиях
		2%	-	Мягкие, слабо сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферичной формы
		3%	3,0	Упругие, сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферичной формы
2	Альгинат натрия	1%	3,0	Упругие, сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы сферичной формы
		2%	3,2	Упругие, сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферичной формы
		3%	3,4	Твердые, сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферичной

				структуру		формы
3	Желатин	1%	-	-	-	Капсулы не образуются при данных условиях
		2%	-	-	-	
		3%	-	-	-	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
4	Соотношение Желатин/ Альгинат натрия	1/1%	2,7	Упругие, сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы сферической формы
		2/1%	2,7	Мягкие, слабо сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферической формы
		3/1%	2,5	Мягкие, слабо сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферической формы
		4/1%	-	Мягкие, слабо сохраняющие структуру	Прозрачный	Образуют капсулы не сферической формы

На рисунке 10 представлены капсулы, полученные из разных концентраций амидированного пектина.



1% амидированный пектин



2% амидированный пектин



3% амидированный пектин

Рисунок 10 - Результаты микроскопирования капсул из

амидированного пектина

Так, при инкапсулировании с 1% водным раствором альгината натрия капсулы получаются однородные по структуре, сферичной формой и средним размером $3,0 \times 10^{-3}$ м, с однородной гладкой поверхностью и высокой плотностью. Полученные капсулы при инкапсулировании с 2 % водным раствором альгината натрия характеризуются не сферичной формой и средним размером $3,2 \times 10^{-3}$ м, однородной гладкой поверхностью и более высокой плотностью. При инкапсулировании же с 3 % водным раствором альгината натрия капсула характеризуется однородной структурой, не сферичной формой и средним размером $3,4 \times 10^{-3}$ м и более твердой консистенцией в сравнении с капсулой, полученной при инкапсулировании с 2 % водным раствором альгината натрия.

На рисунке 11 представлены капсулы, полученные из разных концентраций альгината натрия.



Рисунок 11- Результаты микроскопирования капсул из альгината натрия

Как видно из рисунка 11 увеличение концентрации альгината способствует образованию более твердых капсул.

Так, при использовании 1%, 2%, и 3% водного раствора желатина образование капсул не наблюдалось.

Хотя альгинат является наиболее подходящим материалом, он имеет некоторые ограничения. Существует основное ограничения использования альгината: высокая пористость. Благодаря открытой решетчатой структуре распределение пор по размерам является широким, что затрудняет удержание клеток. Клетки могут высвободиться в среду и вызывать низкие начальные клеточные нагрузки. Эти дефекты могут быть эффективно компенсированы путем смешивания с другими соединениями или покрытия другими соединениями, такими как желатин или хитозан.

Капсула из чистого альгината натрия оказалась пористой, как показано на рисунке 12. Поэтому для заполнения пористой структуры в альгинат натрия был добавлен желатин, как показано на рисунке 13.

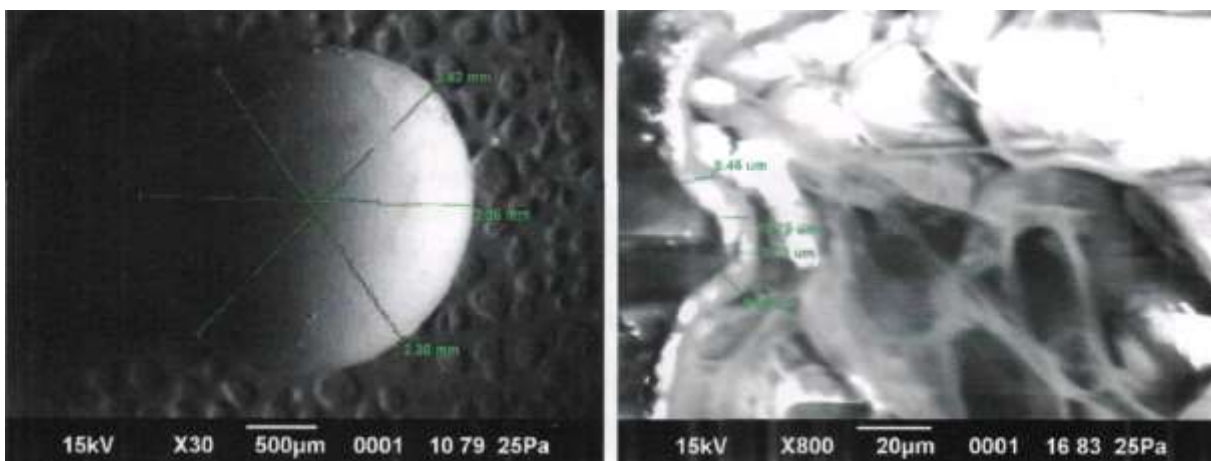


Рисунок 12- Изображение капсулы, полученной из альгината натрия 1% без добавления желатина

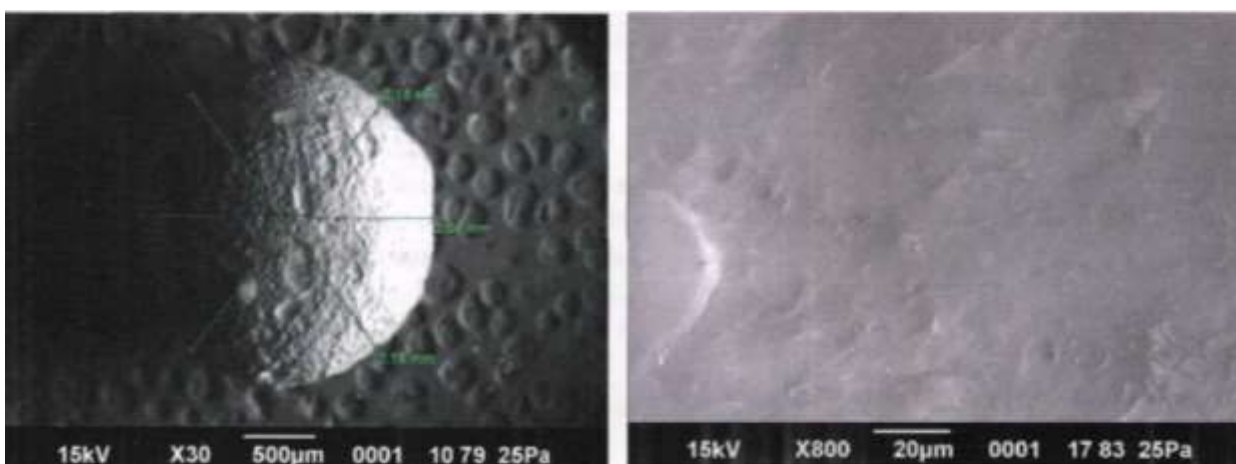


Рисунок 13 – Изображение капсулы, полученной из альгината натрия с добавлением желатина, в соотношении 1:1

Желатин был выбран из-за его превосходной мембранообразующей способности, биосовместимости и нетоксичности. Применимость желатина в качестве гидрогелевой матрицы ограничена из-за его низкой жесткости сети. Тем не менее, его физические свойства могут быть улучшены путем добавления сшивающих агентов. Из-за своей амфотерной природы он также является отличным кандидатом для взаимодействия с анионными полисахаридами, такими как альгинат и т.д.

Интерес в первую очередь представляют добавки полисахаридов, поскольку по имеющимся данным полисахариды способны оказывать существенное влияние на гелеобразование желатина и синергетический эффект на реологические свойства структурированных желатиновых систем. Кроме того, многие природные полисахариды (альгинат натрия) сами являются биологически - активными веществами, поэтому их применение будет увеличивать питательную и лечебно-профилактическую ценность продукта.

При инкапсулировании с водным раствором желатина и водным раствором альгината натрия в соотношении 1:1 капсулы получаются однородные по структуре, сферической формы и средним размером $2,7 \times 10^{-3}$ м, с однородной гладкой поверхностью и высокой плотностью.

Полученные капсулы при инкапсулировании в соотношении с 2 % водным раствором желатина и 1% водным раствором альгината натрия характеризуются слабо сохраняющей структурой и средним размером $2,7 \times 10^{-3}$ м, однородной гладкой поверхностью.

При инкапсулировании в соотношении с 3 % водным раствором желатина и 1% водным раствором альгината натрия капсула характеризуется также слабо сохраняющей структурой, мягкой консистенцией и средним размером $2,5 \times 10^{-3}$ м. При инкапсулировании же в соотношении с 4 % водным раствором желатина и 1% водным раствором альгината натрия образуются капсулы мягкие по консистенции, неоднородные по структуре, с шероховатой поверхностью, не сферической формы, поэтому определение их размеров было затруднено.

На рисунке 14 представлены капсулы, полученные из разных соотношений желатина и альгината натрия.

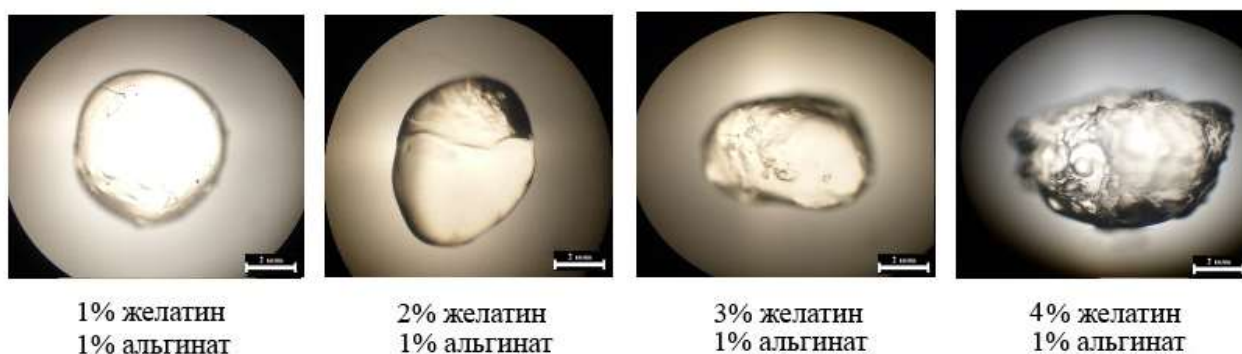


Рисунок 14 - Результаты микрофотографирования капсул из альгината натрия и желатина в соотношении 1:1, 1:2, 1:3, 1:4.

Как видно из рисунка 14 при увеличении концентрации желатина (4 % желатин и 1% альгината) образуются капсулы неоднородные по структуре, с шероховатой поверхностью, не сферической формы.

По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод: что наиболее оптимальным вариантом является состав капсул, содержащих 1% желатина и 1% альгината натрия. Капсулы изготовленные из этого состава имеют округлую сферическую форму, одинаковый размер, и устойчивые для физического воздействия (Приложение В) [154].

На следующем этапе эксперимента определена прочность полученных капсул.

Определение упругопластической деформации капсул проводилось на экспериментальной установке, полученные данные были занесены в таблицу 5. Расчет модуля упругопластической деформации капсул, приведенного в

таблице 5, производился по методике, приведенной в соответствии с пунктом 2.2.6. (определение модуля упругопластической деформации капсул).

Таблица 5 - Данные зависимости модуля упругопластической деформации капсул от температуры гелеобразующей смеси

Укорочение в направлении действия усилия, f, м	Сжимающая нагрузка, P, Н	Площадь нагружения, S, м ²	Модуль упругопластической деформации, E, кПа
1	0,140283	0,000007065	59,56815
1,5	0,140283	6,5564E-06	41,22364
2	0,140283	6,5111E-06	31,02508
2,2	0,140283	6,02323E-06	29,32466

На основании полученных данных был построен график в соответствии с рисунком 15.

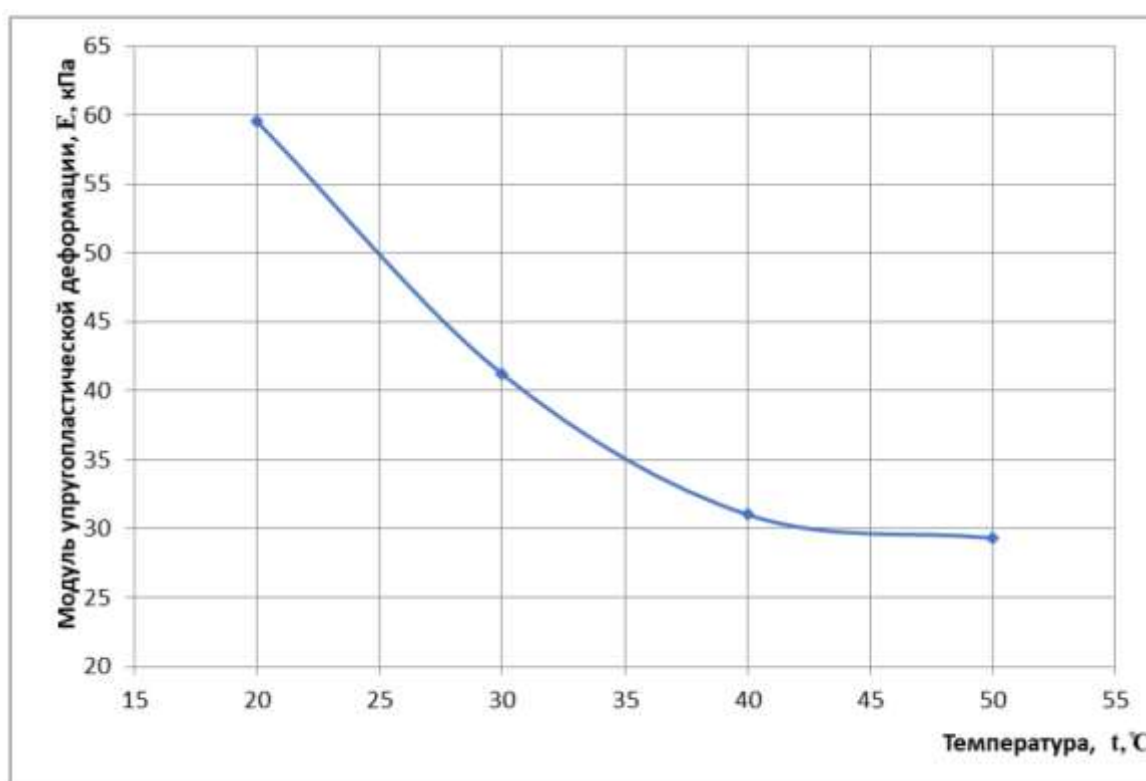


Рисунок 15 - Зависимость модуля упругопластической деформации капсул в зависимости от температуры гелеобразующей смеси

Из графика видно, что упругость капсул полученных при температурах 20°C и 30°C выше, чем при температурах 40°C и 50°C. При употреблении в пищу питьевого йогурта с добавлением полученных капсул при температуре 20°C и 30°C, капсулы будут ощущаться как неприятные твердые частицы, а капсулы полученные при температуре 40 и 50 градусов будут ощущаться как

мягкие, упругие капсулы и соответственно более приятные по органолептическим ощущениям [155].

3.2 Исследование и обоснование выбора пробиотиков для инкапсулирования

Поиск штаммов, которые проявляют устойчивость к биологическим барьерам желудочно-кишечного тракта человека и которые обладают физиологическими характеристиками, совместимыми с пробиотическими свойствами среди пропионовокислых бактерий, может в конечном итоге привести к обнаружению пробиотических штаммов для функциональных пищевых продуктов.

Молочные пропионовокислые бактерий участвуют в производстве различных биомолекул, ферментации молока и симбиотически находятся в кишечнике, приносящем пользу хозяину. Молочные пропионовокислые бактерий обладают рядом свойств, которые делают их хорошими пробиотическими кандидатами. В этом смысле пропионовокислые бактерий способны производить широкий спектр биологических соединений, улучшающих здоровье человека, таких как фолат, пролин, конъюгированная линолевая кислота и витамин В₁₂, и синтезировать несколько различных биозащитных соединений, таких как бактериоцины или противогрибковые соединения. Эти штаммы продуцируют бифидогенные соединения и проявляют способность выживать и поддерживать активность при прохождении пищеварительного тракта [56 35 с].

В этой части работы ставится задача – исследование и обоснование выбора пробиотиков для инкапсулирования, путем исследования степени выживаемости пропионовокислых бактерий в модельной среде, имитирующей условия желудка.

В рамках отбора пробиотических штаммов пропионовокислых бактерий были подвергнуты анализу *in vitro* для оценки их пробиотические свойства. Три штамма пропионовокислых бактерий: *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Propionibacterium thoenii* были подвергнуты анализу *in vitro* для оценки их пробиотического потенциала.

Основными факторами в желудочно-кишечном тракте человека, которые влияют на выживаемость пробиотиков до достижения кишечника, являются кислотность рН в желудке и желчь в двенадцатиперстной кишке. Чтобы определить выживаемость пробиотиков при низких значениях рН, исследователи используют систему *in vitro* (имитированный желудочно-кишечный тракт).

Известно, что кислотность желудочного сока в желудке в норме составляет при голодном желудке 1,0-2,5 по шкале водородного показателя (рН), и при сытом желудке от 2,0 - 5,0. Кроме того, продолжительность пребывания пищи в желудке варьируется в широком диапазоне и, по некоторым данным, составляет от 5 минут до 2 часов.

В начале эксперимента в качестве имитирующего желудка была выбрана модельная среда желудочного сока с рН 2,0. Время культивирования составляет 2 часа, температура культивирования составляет 37° С. Количество жизнеспособных клеток определяли в различные моменты времени (0, 1, 2 и 3 ч) инкубации при 37°С.

Способность штаммов пропионовокислых бактерий переносить кислоту обычно используется в качестве одного из критериев предварительного отбора пробиотических кандидатов. Было обнаружено, что штаммы пропионовокислых бактерий были способны сохранять жизнеспособные клетки в количестве выше 5 lg КОЕ/мл при рН 3 и 3,5 после 2 часов инкубации. Результаты представлены на рисунке 16, 17, 18.

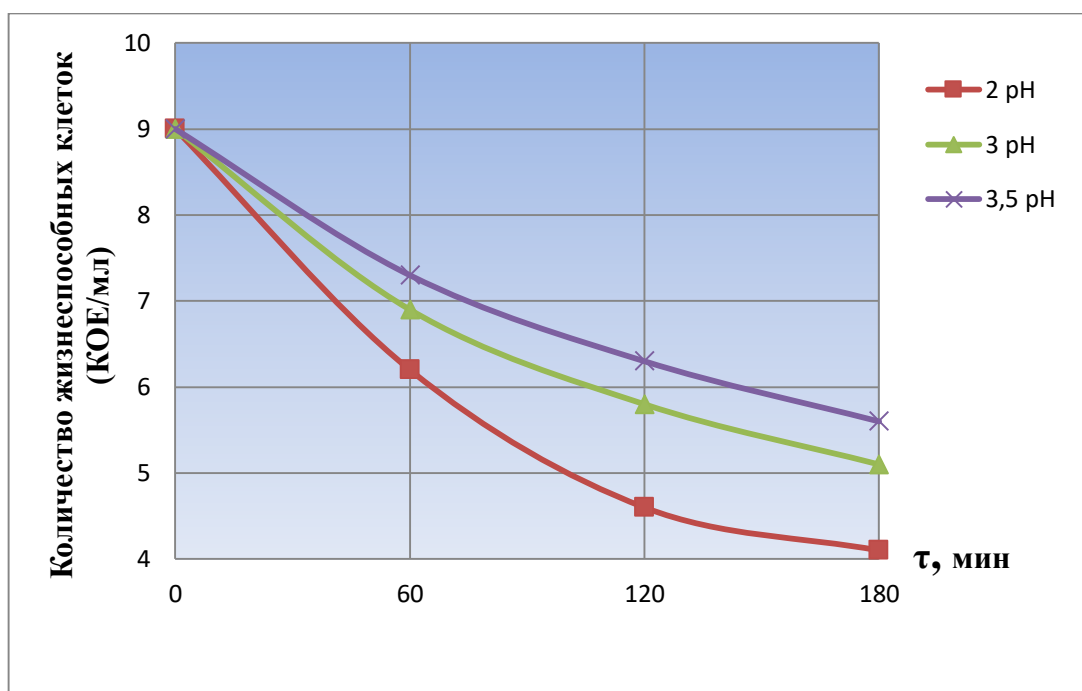


Рисунок 16 - Жизнеспособность клеток *Propionibacterium acidipropionici* в зависимости от времени культивирования в среде имитирующего желудка

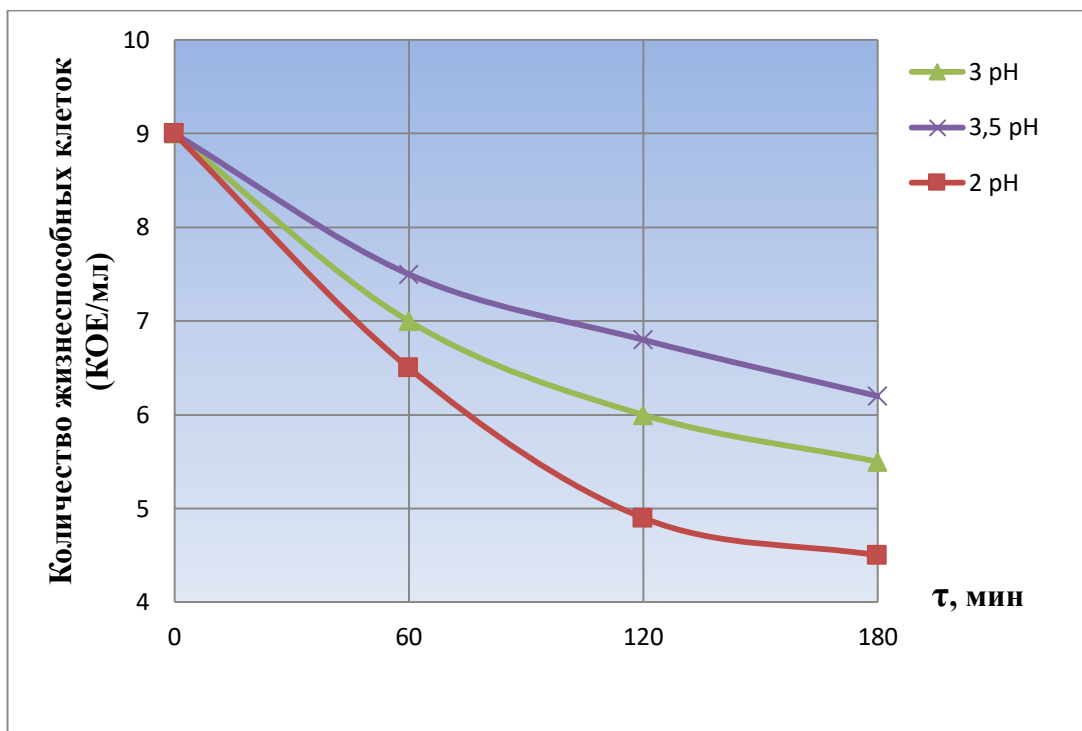


Рисунок 17 - Жизнеспособность клеток *Propionibacterium freudenreichii* в зависимости от времени культивирования в среде имитирующего желудка

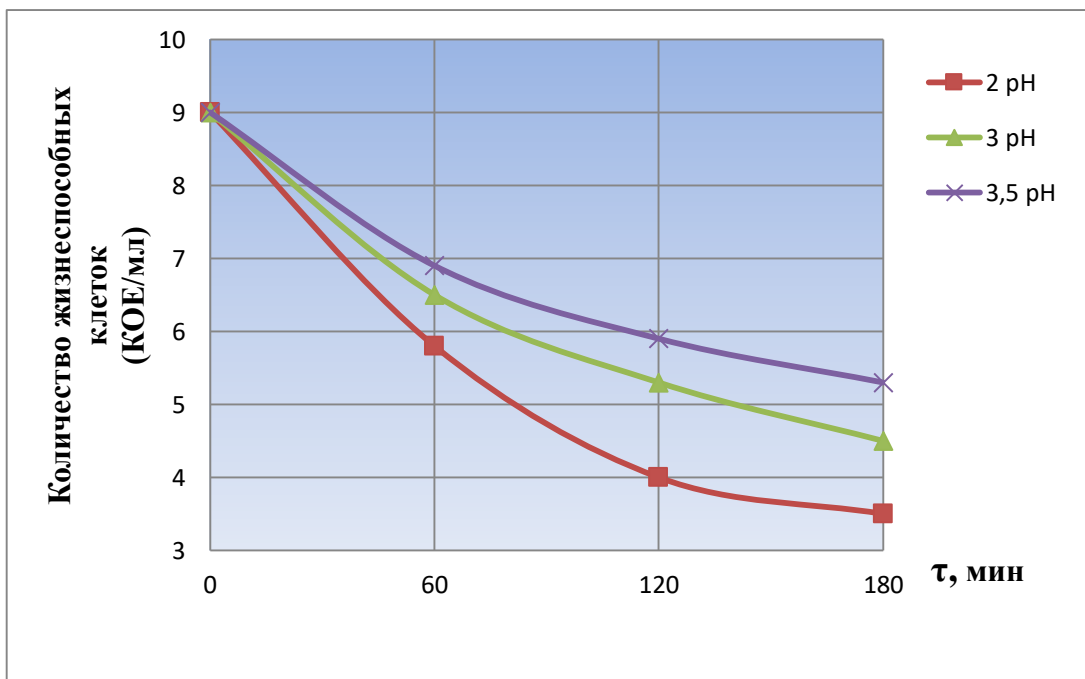


Рисунок 18 - Жизнеспособность клеток *Propionibacterium thoenii* в зависимости от времени культивирования в среде имитирующего желудка

При рН 2,0 все протестированные штаммы пропионовокислых бактерий демонстрировали прогрессивное снижение устойчивости во время инкубации, *P. acidipropionici*, *P. freudenreichii*, *P. thoenii*, которые уменьшились примерно на 2,5-5 единиц lg через 2 часа.

Результаты экспериментальных данных по определению степени выживаемости пропионовокислых бактерий показали, что выживаемость штамма *P. freudenreichii* в сравнении с штаммами *P. acidipropionici*, *P. thoenii* составляет 10^5 КОЕ/мл. Результаты представлены на рисунке 19.

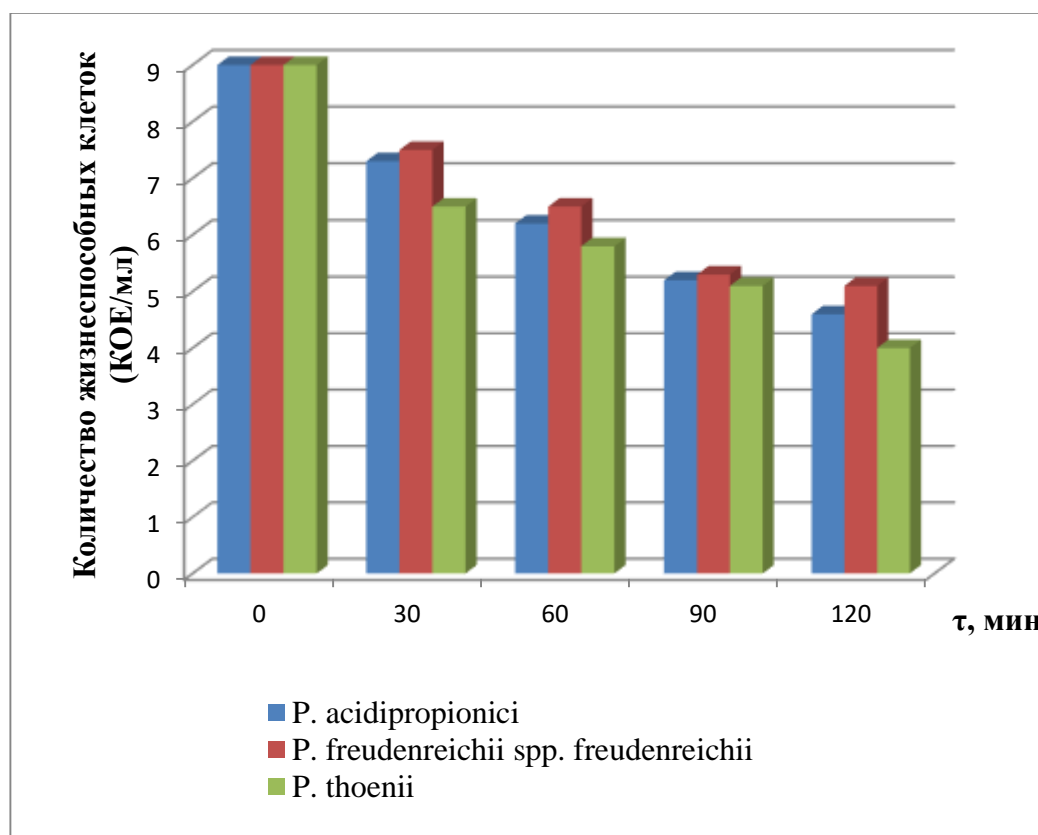


Рисунок 19 - Жизнеспособность клеток *P. acidipropionici*, *P. freudenreichii*, *P. thoenii* в зависимости от времени культивирования в среде имитирующего желудка (pH 2,0)

Из этих результатов ясно, что может наблюдаться большая потеря жизнеспособности пропионовокислых бактерий при pH 2 через 3 часа. В связи с этим Suomalainen и др. отметили, что количество пропионовокислых бактерий было значительно снижено через 3 ч при pH 2, но не при pH 3 или 4. В той же линии Darilmaz и Beyetli обнаружили значительное снижение количества клеток при pH 2 и 3 для *P. freudenreichii* и *P. jensenii*. В том же пункте Zarate и др. отметили, что 4 штамма *Propionibacterium* хорошо переносят при pH 4, а один штамм потерял жизнеспособность при pH 3. Хотя все протестированные штаммы потеряли жизнеспособность при pH 2. Разница между протестированными штаммами может быть связана с сильным штаммом - специфичность при кислотном pH.

В результате этих исследований было установлено, что выживаемость микроорганизмов - пробиотиков рода *Propionibacterium* в кислых условиях варьируется в зависимости от вида и штамма.

Выбор штамма *P. freudenreichii* для инкапсулирования объясняется тем, что в отличие от других штаммов они способны продуцировать ряд полезных соединений - нутрицевтиков, проявляя при этом низкие ростовые потребности. Окончательный показатель выживаемости клеток *P. freudenreichii* составил 10^5 КОЕ/мл, что указывает на то, что данный пробиотик чувствителен к кислой среде.

Данные исследований показывают, что для поддержания роста активности *P. freudenreichii* в желудочно-кишечном тракте должен использоваться процесс инкапсуляции.

Инкапсулирование *P. freudenreichii* обеспечит защиту от воздействия желудочного сока и, таким образом, позволит жизнеспособным пробиотическим клеткам достигнуть нижней части кишечника, где они могут обеспечить успешный терапевтический эффект [156].

3.3 Исследование жизнеспособности инкапсулированных пробиотиков в модельной среде имитирующий желудочно-кишечный тракт

Пробиотики были определены как живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах оказывают благотворное физиологическое воздействие на хозяина.

Чтобы оказать положительное влияние на здоровье, жизнеспособность пробиотических бактерий является важным фактором их эффективности, так как они должны выживать во время обработки и хранения пищевых продуктов и проходить через желудок с повышенной кислотностью, а также ферменты и желчные соли в тонкой кишке.

После того, как *P. freudenreichii* пройдет через желудок и верхний кишечный тракт, *P. freudenreichii* должен предпочтительно прилипнуть к эпителию кишечного тракта и расти. В качестве руководства Международная молочная федерация рекомендовала, чтобы бактерии были активными и содержали не менее 10^7 КОЕ/мл. К сожалению, большинство пробиотиков, в том числе *P. freudenreichii*, не способны выживать в высокой пропорции суровых условий кислотности и концентрации желчи, обычно встречающихся в желудочно-кишечном тракте человека.

Поэтому инкапсулирование бактериальных клеток в альгинатно-желатиновые гели в настоящее время привлекает внимание к увеличению жизнеспособности пробиотических бактерий в кислых продуктах, таких как йогурт, и это широко используемый метод, потому что этот метод очень мягкий и выполняется при комнатной температуре в водной среде путем с использованием физиологически приемлемых химикатов.

В работе альгинат и желатин использовались для инкапсулирования клеток *P. freudenreichii*, и было описано выживание *P. freudenreichii* в модельной среде имитирующий ЖКТ, поскольку в литературе упоминалось лишь несколько упоминаний о капсулированных молочнокислых бактериях с альгинатом и желатином.

Чтобы получить данные о поведении капсул во время имитации желудочно-кишечного тракта, была исследована стабильность в SGF (pH 2) и SIF (pH 7,2). В SGF капсулы показали набухание без какого-либо признака распада в течение 2 ч. Результаты показывают, что капсулы быстро набухали в течение первых 30 минут, через 1 час набухание микрокапсул достигло равновесия без какой-либо эрозии.

Инкапсулированные пробиотики помещали в имитированную среду желудочного сока (SGF) pH 2,0 и инкубировали в течение 2 часов, затем капсулы переносили в имитированную среду тонкого кишечника (SIF) pH 7,2 и также инкубировали в течение 3 часов. Данный график показывает модельную среду имитирующий желудочно-кишечный тракт. Результаты показаны на рисунке 20.

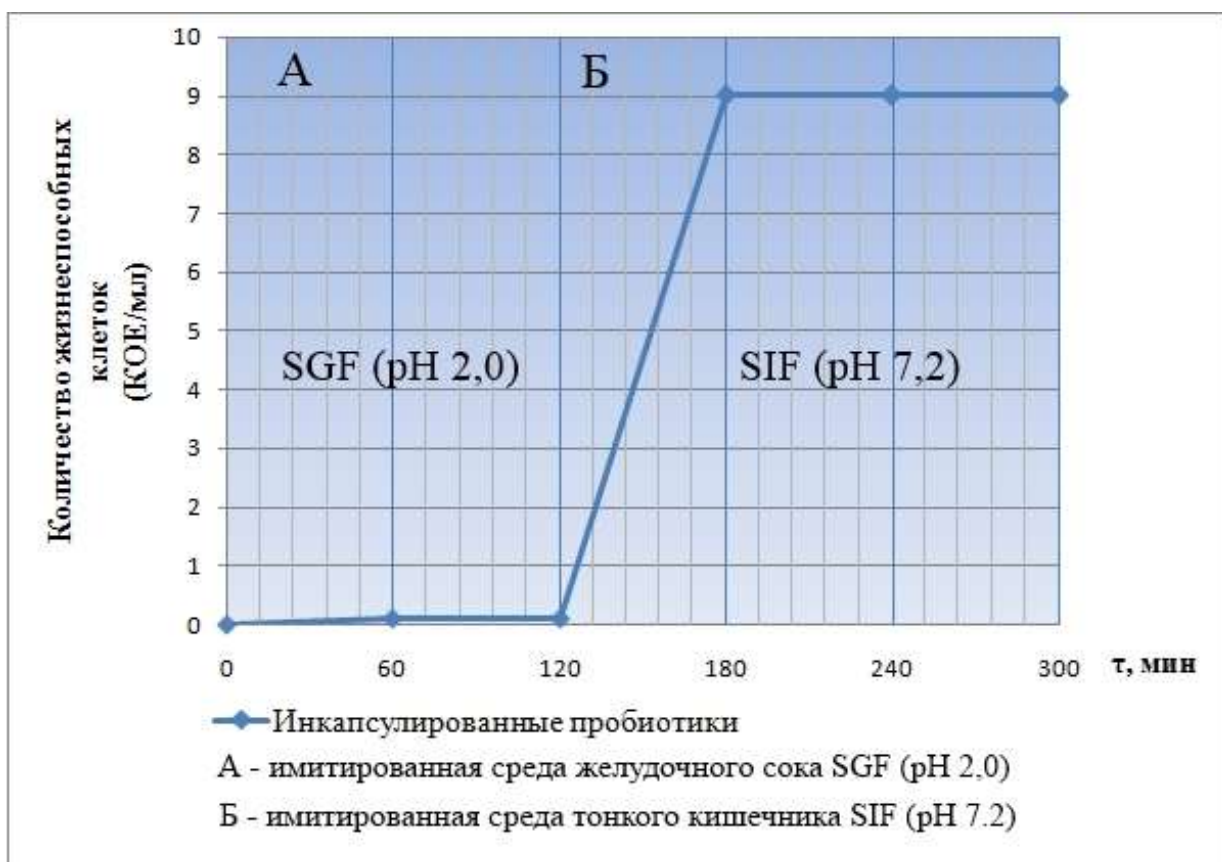


Рисунок 20 - Жизнеспособность клеток *P. freudenreichii* в зависимости от времени высвобождения клеток из капсул в модельной среде имитирующей желудочно-кишечный тракт

На первом этапе высвобождения клеток были незначительными в SGF (pH 2). После того, как инкапсулированные пробиотики были перенесены из SGF в SIF, было обнаружено большое количество и более высокая скорость высвобождения клеток *P. freudenreichii*. Когда капсулы поместили в SGF, альгинатный компонент подвергался катализируемому кислотой гидролизу, а также превращению групп $-COO-$ в группы $-COOH$, электростатическое притяжение между группами Ca^{2+} и $-COO-$ в соединении «яичная коробка»

почти исчезало и, следовательно, шарики начали распадаться гораздо быстрее. Этот результат показал, что клетки *P. freudenreichii* могут непрерывно высвобождаться из микрокапсул в ЖКТ, количество и скорость высвобождения клеток *P. freudenreichii* в SIF были намного выше и быстрее.

Капсулы с содержанием *P. freudenreichii* на основе альгината и желатина были получены с помощью технологии экструзии, и продукт мог увеличить количество живых клеток до 10^9 КОЕ/мл. Капсулы полученные методом экструзии, равномерно распределены без признаков коллапсированных сфер с размером $2,5 \pm 3,0$ мм. Клетки *P. freudenreichii* могут непрерывно высвобождаться из капсул, а количество и скорость высвобождения в SIF (pH 7,2) были намного выше и быстрее, чем в SGF (pH 2). Таким образом, метод инкапсулирования, оказался очень эффективным в увеличении жизнеспособности пробиотических бактерий по сравнению с неинкапсулированными свободными клетками. Альгинатно-желатиновые капсулы могут потенциально использоваться в качестве безопасного и защитного средства доставки жизнеспособных пробиотических бактерий.

Данные по исследованию жизнеспособности показали, что альгинатно-желатиновые капсулы обеспечивают самую высокую защиту по сравнению с другими видами капсул, так как конечная концентрация приблизительно 10^9 КОЕ /мл для *P. freudenreichii* была получена после 3 часов в имитирующей среде тонкого кишечника. Данные по жизнеспособности также указывают на то, что альгинатно-желатиновые капсулы обеспечивают лучшую защиту, что предполагает снижение проникновения кислоты, возможно, из-за более сильных взаимодействий между этими двумя полимерами.

3.4 Исследование хранимособности инкапсулированных пробиотиков

Для длительного хранения инкапсулированных пробиотиков в виде капсул использовали консервирование высушиванием при низких температурах с целью снижения влияния процесса термоинактивации пробиотиков и создания условий, приводящих их в анабиотическое состояние.

Сублимационная сушка – наиболее современный и перспективный метод консервирования пищевых продуктов, обеспечивающий совершенное высушивание с максимальным сохранением природных, пищевых, органолептических и биологических свойств продукта и наиболее генетическую стабильность основных свойств пробиотических культур в неблагоприятных условиях. Разработанные капсулы в форме гелевых шариков содержали в среднем $87,5 \pm 1,5\%$ влаги и имели активность воды (a_w) в диапазоне 0,93-0,95, что считается очень высоким и благоприятным для размножения захваченных жизнеспособных клеток. Этого нельзя допустить, потому что рост популяции клеток в инкапсулированном матриксе приведет к утечке бактерий из капсул, что нежелательно. Для длительного хранения капсул, содержащих пробиотические бактерии, необходимо было уменьшить это содержание влаги, выбрав подходящий метод сушки. Сухая форма

хранения также важна, так как она обеспечивает достаточно высокую дозу пробиотических клеток в любом пищевом продукте за счет уменьшения его массы. Высушенная пробиотическая культура имеет существенные преимущества по сравнению с жидкими или замороженными формами, поскольку хранение в холодильнике и ее распределение являются дорогостоящими. Среди вероятных и популярных методов сушки считается, что сублимационная сушка является наиболее подходящей для этого конкретного проекта, поскольку параметры сублимационной сушки придают низкую тепловую нагрузку захваченным ячейкам.

Инкапсулированные пробиотики замораживали при -20°C , далее лиофилизировали при -20°C в течение 20 часов с использованием сублимационной сушилки. Свежие и сухие капсулы расфасовывали в сухие стерильные флаконы и помещали на хранение.

Жизнеспособность клеток инкапсулированных пробиотиков до сублимационной сушки и после сублимационной сушки во время хранения исследовали при двух разных температурах, 4°C и 22°C , результаты показаны в таблице 6.

Таблица 6 - Жизнеспособность клеток при хранении инкапсулированных пробиотиков до сублимационной сушки и инкапсулированных пробиотиков после сублимационной сушки

Жизнеспособность клеток (КОЕ/мл)				
Дни	4°C		22°C	
	Капсулы до сублимационной сушки	Капсулы после сублимационной сушки	Капсулы до сублимационной сушки	Капсулы после сублимационной сушки
0	$1,9 \times 10^9$	$1,9 \times 10^9$	$1,9 \times 10^9$	$1,9 \times 10^9$
7	$5,6 \times 10^8$	$1,5 \times 10^9$	$8,1 \times 10^6$	$7,5 \times 10^8$
14	$8,7 \times 10^7$	$1,0 \times 10^9$	*	$4,8 \times 10^8$
21	$6,4 \times 10^6$	$9,6 \times 10^8$	*	$8,4 \times 10^7$
28	*	$8,5 \times 10^8$	*	$2,1 \times 10^7$
42	*	$7,6 \times 10^8$	*	$7,6 \times 10^6$
49	*	$6,5 \times 10^8$	*	*
56	*	$4,0 \times 10^8$	*	*
63	*	$2,1 \times 10^8$	*	*
70	*	$9,4 \times 10^7$	*	*

Примечание – * снят с хранения

Количество жизнеспособных клеток капсул до сублимационной сушки оставалось стабильным в течение 14 дней при 4°C . При 22°C жизнеспособность клеток капсул до сублимационной сушки снижалась до 3 log-цикла через 7 дней и продолжала снижаться. С другой стороны, количество жизнеспособных клеток в инкапсулированных клетках поддерживалось до 7 дней хранения.

Жизнеспособность клеток капсул после сублимационной сушки, несколько снизилась после 42 дней хранения и достигла $7,6 \times 10^6$ КОЕ/мл. Определен гарантированный срок хранения капсул, не подвергнутых сублимационной сушке – 14 дней, капсул после сублимационной сушки – 70 дней при температуре (4°C).

Согласно полученным результатам исследований можно сделать вывод, что капсулы, хранившийся при температуре 4°C, показали более высокую выживаемость на протяжении всего периода хранения.

Основные выводы по разделу.

В результате проведенных исследований, было установлено, что:

1) Для сохранения активности и роста *P. freudenreichii* в желудочно-кишечном тракте необходимо использовать процесс инкапсулирования. Инкапсулирование *P. freudenreichii* обеспечит защиту от действия желудочного сока и, тем самым, позволит жизнеспособным клеткам пробиотиков достичь нижних отделов кишечника, где они смогут обеспечить успешное лечебное воздействие.

2) Было доказано, что использование инкапсулирования позволяет увеличить стрессоустойчивость клеток пробиотиков в неблагоприятных условиях желудочно-кишечного тракта. На основании экспериментальных исследований обоснован выбор материалов используемых для инкапсулирования, выбрана оптимальная концентрация альгината и желатина в соотношении 1:1. Для получения капсул, использовался экструзионный метод инкапсулирования.

3) Установлено, что количество жизнеспособных клеток штаммов *Propionibacterium* в модельной среде, имитирующей желудок (pH 2,0) уменьшилось примерно на 2,5-5 lg, что доказывает чувствительность данных пробиотиков к кислой среде. Выбор штамма *P. freudenreichii* для инкапсулирования объясняется тем, что в отличие от других штаммов они способны продуцировать ряд полезных соединений - нутрицевтиков, проявляя при этом низкие ростовые потребности.

4) Установлено, что инкапсулированные пробиотики *P. freudenreichii* в модельной среде тонкого кишечника SIF (pH 7,2) высвобождаются уже через 30 минут инкубирования, что свидетельствует о том, что альгинатно-желатиновая капсула способствует доставке пробиотика в отдел тонкого кишечника, где они способны обеспечить успешное лечебное воздействие.

5) Определен гарантированный срок хранения капсул, не подвергнутых сублимационной сушке – 14 дней, капсул после сублимационной сушки – 70 дней при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИТЬЕВОГО ЙОГУРТА С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ПРОБИОТИКАМИ

4.1 Разработка технологии получения инкапсулированных пробиотиков

В результате экспериментальных исследований установлено, что для получения инкапсулированных форм пробиотиков *P. freudenreichii* целесообразно использовать полимеры – альгинат и желатин, обеспечивающие защиту клеток пробиотиков от агрессивных условий ЖКТ. Также определено, что оптимальным методом для получения капсул является экструзионный метод. На основании полученных экспериментальных данных, была разработана технология получения капсул. Схема процесса получения капсул приведена на рисунке 21 [157].

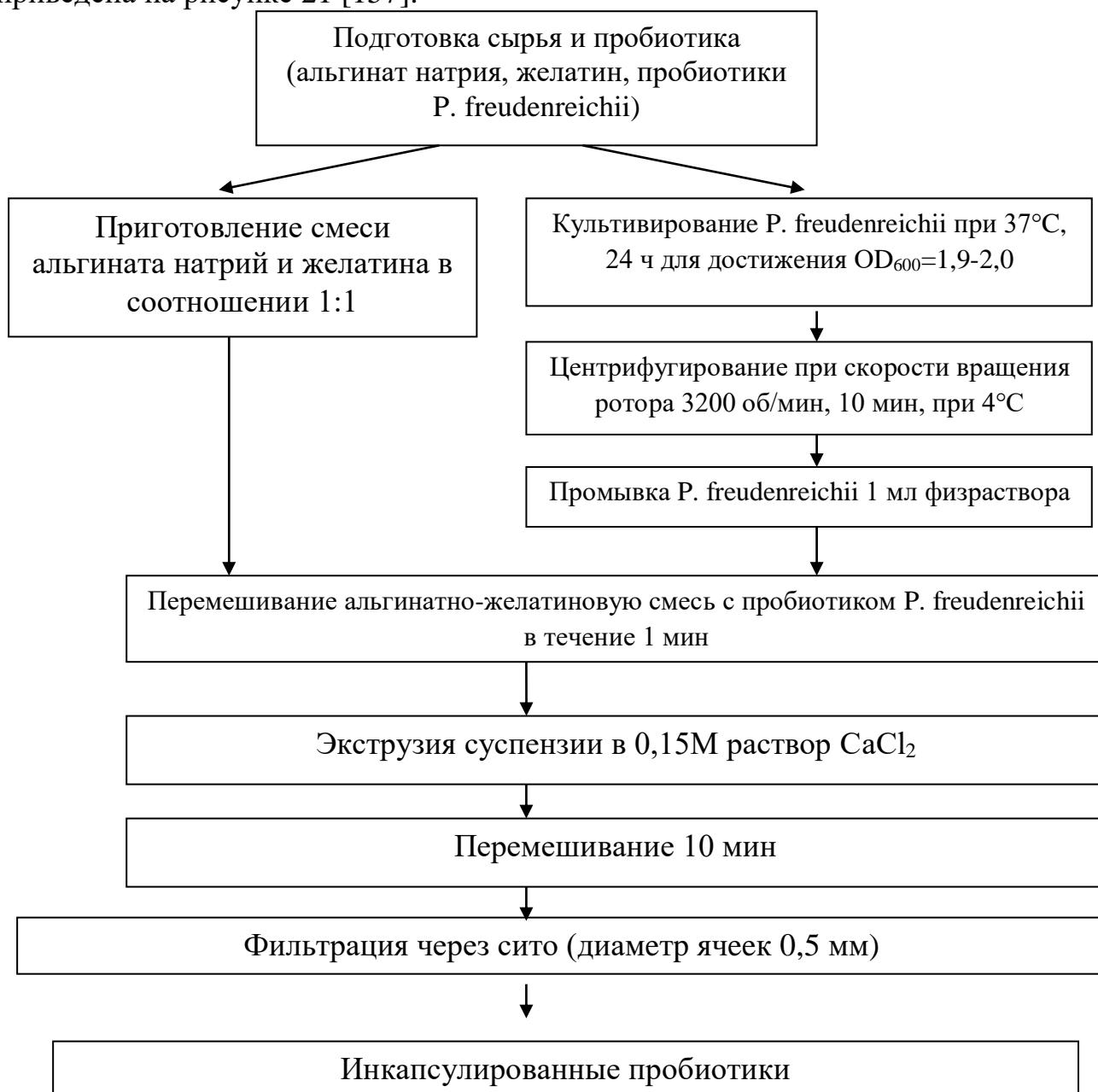


Рисунок 21 – Схема получения инкапсулированных пробиотиков

Весь технологический процесс осуществляется в асептических условиях с целью исключения инфицирования инкапсулированных пробиотиков посторонней микрофлорой.

Исследования органолептических и физико-химических показателей полученных капсул, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Органолептические и физико-химические показатели полученных капсул

Внешний вид	Консистенция	Вкус и запах	Цвет	Продолжительность растворения при рН 7,2, мин	Прочность капсул на сжатие (F), Н
Сферичная форма	Упругие, сохраняющие структуру	Без вкуса и запаха	Белый, с кремовым оттенком	30	9,37±0,56

4.2 Определение оптимальной дозы вносимых инкапсулированных пробиотиков в питьевой йогурт

При обогащении кисломолочных продуктов различными компонентами для придания им функциональных свойств, не менее важным является определение дозы вносимых компонентов для получения продукта, не уступающего по ряду показателей качества его традиционным аналогам. При разработке рецептуры молочных продуктов, необходимо учитывать влияние количества вносимого компонента на органолептические и структурно-механические показатели качества продукта.

На основании вышеизложенного поставлена задача – исследовать влияние дозы вносимых инкапсулированных пробиотиков на органолептические показатели питьевого йогурта.

Первоначально проведены исследования влияния количества вносимых инкапсулированных пробиотиков на изменение органолептических показателей питьевого йогурта.

Воспринимаемые органами чувств такие свойства пищевых продуктов, как вкус, запах и внешний вид, гораздо больше влияют на выбор потребителями того или иного продукта, чем его состав или питательная ценность. Любой продукт может быть питательным, привлекательно упакованным и не очень дорогостоящим, однако, если у него неприятный вкус или запах, он не будет пользоваться спросом у потребителя. С повышением

жизненного уровня и расширением ассортимента пищевых продуктов все большее значение приобретают их вкусовые свойства, аромат и внешний вид.

В связи с этим, была проведена органолептическая оценка опытных образцов нового вида питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками в количестве 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% в сравнении с контрольным образцом питьевого йогурта (таблица 8). Органолептическая оценка питьевого йогурта проводилась согласно ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011 [158].

Таблица 8 – Органолептические показатели опытных образцов питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Образцы йогурта	Количество инкапсулированных пробиотиков, %	Показатель, баллы					Средняя балльная оценка
		Внешний вид	Цвет	Вкус	Запах	Консистенция	
Контроль	0	5	4	5	5	5	4,8
Опыт № 1	0,1	4	5	5	5	5	4,8
Опыт № 2	0,2	5	5	5	5	4	4,8
Опыт № 3	0,3	5	5	5	5	5	5,0
Опыт № 4	0,4	4	5	5	5	4	4,6

По данным таблицы 8 был составлен график по органолептической оценке опытных образцов нового вида питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками в количестве 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% в сравнении с контрольным образцом питьевого йогурта (рисунок 22).

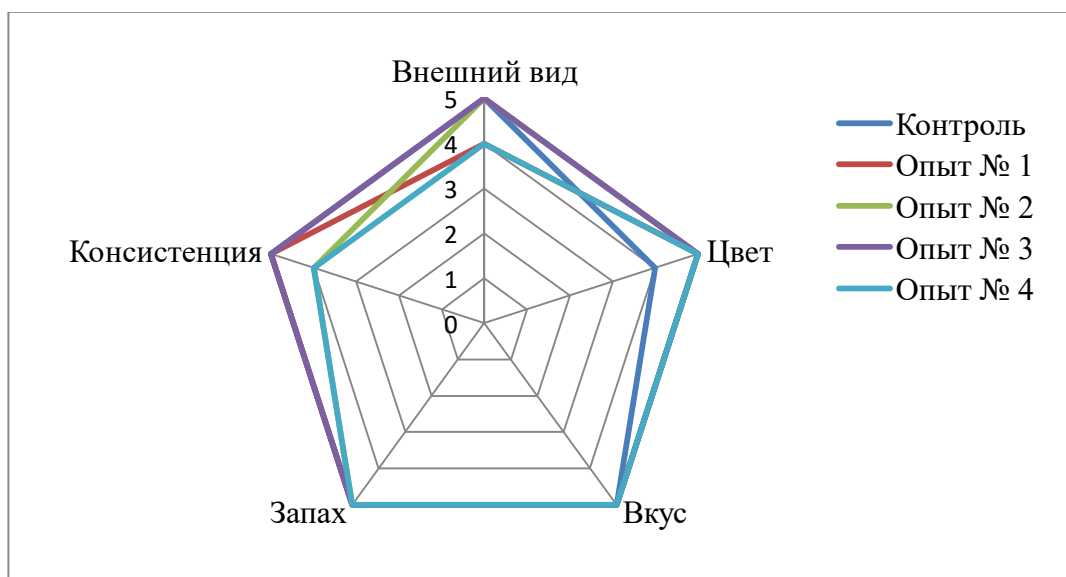


Рисунок 22- Органолептические показатели опытных образцов питьевого йогурта по 5 шкале

Как видно из рисунка 22 увеличение дозы вносимых инкапсулированных пробиотиков приводит к ухудшению консистенции. Присутствие капсул становится чрезмерно ощутимым. Пониженное же содержание инкапсулированных пробиотиков приводит к недостаточному обогащению продукта пробиотиками.

В соответствии с органолептическими показателями, наиболее оптимальным содержанием инкапсулированных пробиотиков в питьевом йогурте является содержание капсул в количестве 0,3%. При этом продукт обладает следующими органолептическими показателями: вкус и запах - приятный, чистый кисломолочный, сладкий, без посторонних привкусов и запахов; консистенция - однородная, присутствуют капсулы диаметром 2-3 мм.

4.3 Разработка технологии и рецептуры питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Разработка рецептуры и технологии нового вида питьевого йогурта основаны на результатах исследования влияния дозы вносимых инкапсулированных пробиотиков на основные технологические показатели.

Поставлена задача – разработать рецептуру и технологию нового вида питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

Проведенные исследования влияния дозы инкапсулированных пробиотиков на основные органолептические показатели питьевого йогурта позволили установить, что по совокупности органолептических показателей лучшим является опытный образец, содержащий 0,3% инкапсулированных пробиотиков.

Разработана рецептура питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, которая представлена в таблице 9.

Таблица 9 - Рецептура питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками (на 1000 кг)

Сырье и основные материалы	Расход сырья на 1000 кг (без учета потерь)
Молоко с массовой долей жира 2,5%	837
Молоко сухое обезжиренное	70
Закваска на обезжиренном молоке	50
Фруктово-ягодный сироп	40
Инкапсулированные пробиотики	3
Итого:	1000

В рецептуру включен фруктово-ягодный сироп, играющий роль вкусового компонента и источника углеводов.

Технологический процесс производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками представлен на рисунке 23 и состоит из следующих процессов:

- приемка и оценка качества сырья и основных компонентов;
- очистка молока от механических примесей;
- подогрев молока до 40-45°C;
- нормализация молока по массовой доле жира и по массовой доле СОМО;
- гомогенизация полученной смеси при температуре 50-55°C и давлении 10-12 МПа;
- пастеризация при температуре 85-87°C с выдержкой 5-10 мин;
- охлаждение до температуры 40- 42°C;
- заквашивание закваской, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в количестве 5%.
- сквашивание смеси при температуре 40-42°C в течение 3,5-5,0 ч;
- внесение фруктово-ягодного сиропа (ГОСТ 28499-2014) и инкапсулированных пробиотиков *P. freudenreichii* ;
- перемешивание в течение 5-10 мин;
- охлаждение до 8-10°C и розлив в потребительскую тару;
- хранение при температуре 4-6°C;
- реализация продукта.

1. Приемка и оценка качества молока.

Сырье, применяемое в производстве питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками должно соответствовать требованиям действующей нормативной и технической документации.

Испытательная лаборатория по направлению отдела технического контроля проводит входной контроль сырья и материалов и выдает протокол испытания с результатами. Окончательное решение о возможности использования в производстве принимает ОТК.

Транспортирование сырья, полупродуктов и материалов производится в закрытых емкостях и таре на тележке.

Для изготовления продукта используют доброкачественное молоко кислотностью не выше 20°Т. Молоко очищают от механических примесей.

2. Подготовка основного сырья. Молоко после подогрева до 40-45°C направляют на нормализацию, чтобы массовая доля жира и сухих веществ в готовом продукте была не менее массовых долей жира и сухих веществ, предусмотренных техническими условиями.

Нормализованное молоко с массовой долей жира 2,5% смешивают с СОМО, последовательно загружая в емкость при непрерывном перемешивании. Массу непрерывно перемешивают, затем масса по трубопроводу подается на гомогенизацию и пастеризацию смеси.

4. Гомогенизация и пастеризация смеси. Гомогенизация полученной смеси при температуре 50-55°C и давлении 10-12 МПа.

Пастеризация при температуре 85-87°C с выдержкой 5-10 мин. Происходит увеличение гидрофильности белка для получения сгустка, плохо отделяющего сыворотку, а также уничтожение патогенной микрофлоры.

5. Охлаждение смеси компонентов.

Смесь охлаждают до температуры заквашивания 40-42°C.

6. Заквашивание закваской, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* предварительно приготовленная на обезжиренном молоке. В смесь при непрерывном перемешивании вносят закваску. Все тщательно перемешивают и оставляют для сквашивания.

7. Сквашивание смеси. Сквашивание смеси закваской проводят при температуре 40- 42°C в течение 3,5-5,0 ч.

8. После сквашивания вносят инкапсулированные пробиотики *P. freudenreichii* и фруктово-ягодный сироп. Затем проводят перемешивание в течение 5-10 мин.

9. Охлаждение и розлив и продукта. Перед розливом продукт охлаждают до 8-10°C. Готовый продукт расфасовывают по 250 см³ в полимерную тару плотно закрытую фольгой и охлаждают до температуры 4-6°C.

10. Продукт перед реализацией хранят в холодильных камерах при температуре не выше 4-6°C и влажности воздуха 80-85%.

Продукт транспортируют всеми видами транспорта, в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на каждом виде транспорта.

11. Реализация продукта.

Промышленная апробация технологии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками проводилась в производственных условиях на базе крестьянского хозяйства «Каликанұлы» (Приложение Е). Производственная апробация установки была проведена в Семейском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Приложение Ж). Результаты дегустации представлены в приложении И.

Разработана и утверждена нормативно-техническая документация:

- стандарт организации – СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019;
- технологическая инструкция производства ТИ РК РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019 (Приложение К).

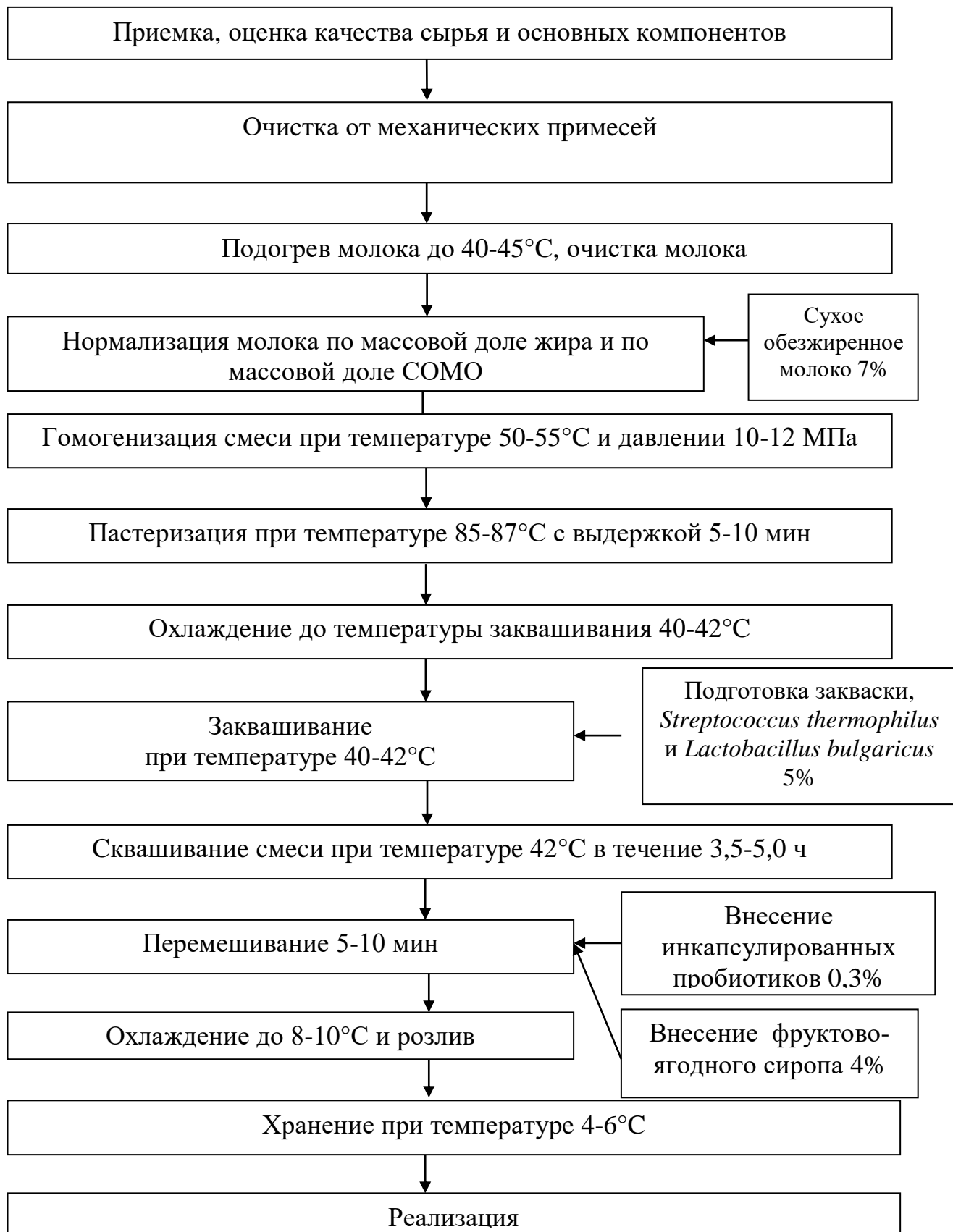


Рисунок 23 - Технологическая схема производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

4.4 Исследование органолептических, физико-химических, микробиологических показателей питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

При разработке новых молочных продуктов функционального назначения с повышенными пробиотическими свойствами необходимо учитывать их товароведные характеристики: органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

Одним из основных показателей качества питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками являются его органолептические характеристики (Таблица 10).

Таблица 10 – Органолептические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Характеристика кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками
Внешний вид и консистенция	Однородная, густая. С присутствием капсул диаметром 2- 3 мм
Вкус и аромат	Приятный, кисломолочный, в меру сладкий вкус с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов
Цвет	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов

Введение инкапсулированных пробиотиков в питьевой йогурт незначительно влияет на органолептические показатели продукта, но это не ухудшает его потребительские характеристики.

Исследованы химический состав и физико-химические показатели нового вида питьевого йогурта (массовые доли сухого вещества, белка, жира, титруемая кислотность). Результаты исследования представлены в таблице 11 (Приложение Е).

Таблица 11 – Физико-химические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Показатели
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,6±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	14,1
Кислотность: активная (pH)	4,5-5,0
Титруемая (°Т)	85-95

Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	4±2
---	-----

Исследованы также микробиологические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками - наличие патогенной микрофлоры: бактерий группы кишечной палочки, салманелл и *St. aureus* (таблица 12) (Приложение Г).

Таблица 12 - Микробиологические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г (см ³), не менее	1×10 ⁷
БГКП (колиформы), в 0,1 г (см ³)	Не обнаружены
Патогенные, в т.ч.:	
Сальмонеллы в 25 см ³	Не обнаружены
<i>St. aureus</i> 1,0 см ³	Не обнаружены
Плесени, КОЕ/г, не более	10
Дрожжи, КОЕ/г, не более	10

4.5 Пищевая, биологическая и энергетическая ценность питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Пищевая ценность продуктов определяется совокупностью его всех полезных качеств: количеством и соотношением нутриентов, доброкачественностью, биологической ценностью, усвояемостью, органолептическими показателями и физиологической полезностью.

Пищевые вещества, содержащиеся в продукте делятся на две основные группы: макро- и микронутриенты. К макронутриентам относятся жиры, углеводы, и макроэлементы, к микронутриентам – витамины, и микроэлементы.

Новый питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками содержит основные макронутриенты в следующих количествах, мас. %.

- белки – (3,6±0,2);
- жиры – (2,0±0,2);
- углеводы – (8,5±0,5);

При этом в питьевом йогурте с инкапсулированными пробиотиками установилось следующее соотношение белки : жиры : углеводы – 1,00 : 0,62 : 2,65.

Низкое содержание жира 2,0 %, обогащение продукта белками и углеводами позволяет рекомендовать их для повседневного употребления людям любого возраста.

Исследование витаминного, минерального, аминокислотного и жирнокислотного состава проводили в испытательной лаборатории «Нутритест» города Алматы [159].

В продукте был исследован жирнокислотный состав, он определяется химическим составом молочного жира, результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Жирнокислотный состав питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Жирные кислоты	Код кислоты	Количество в процентах от суммы жирных кислот
Насыщенные ЖК, в т.ч.:		34,983
Масляная	C _{4:0}	0,923
Капроновая	C _{6:0}	0,656
Каприловая	C _{8:0}	0,433
Каприновая	C _{10:0}	0,915
Лауриновая	C _{12:0}	1,017
Миристиновая	C _{14:0}	3,860
Пентадекановая	C _{15:0}	0,479
Пальмитиновая	C _{16:0}	14,752
Маргариновая	C _{17:0}	0,337
Стеариновая	C _{18:0}	10,316
Арахидиновая	C _{20:0}	0,849
Трикозановая	C _{23:0}	0,360
Лигноцеридовая	C _{24:0}	0,084
Мононенасыщенные ЖК, в т.ч.		61,028
Миристолеиновая	C _{14:1}	0,283
Пентадеценивая	C _{15:1}	0,112
Пальмитолеиновая	C _{16:1}	0,395
Маргаринолеиновая	C _{17:1}	0,123
Октадеценивая, мкг/мл	C _{18:1n9t}	1,128
Олеиновая	C _{18:1n9c}	58,988
Полиненасыщенные ЖК, в т.ч.:		3,989
Линолеидиновая	C _{18:2n6t}	1,913
Линолевая	C _{18:2n6c}	0,613
γ-линоленовая	C _{18:3n6}	0,482
Линоленовая	C _{18:3n3}	0,404
Арахидононовая	C _{20:4n6}	0,178
Эйкозапентаеновая	C _{20:5n3}	0,070
Докозагексаеновая	C _{22:6n3}	0,330
Сумма жирных кислот		100

Биологическая ценность белков пищевых продуктов зависит от количества и соотношения в них незаменимых аминокислот, которые не синтезируются в организме человека и должны поступать с продуктами питания.

В новом питьевом йогурте с инкапсулированными пробиотиками был изучен аминокислотный состав белков, он приведен в таблице 14, в сравнении с аминокислотным составом питьевого йогурта обыкновенной, данные которого взяты из литературных источников [160].

Таблица 14 - Аминокислотный состав питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, мг/100г

Аминокислоты	Питьевой йогурт (контроль)	Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
Незаменимые	1177	1198,85±119,8
валин	135	165,33±16,5
изолейцин	160	163,60±16,4
лейцин	277	244,96±24,5
лизин	240	225,92±22,6
метионин	71	71,84±7,2
треонин	110	132,44±13,2
триптофан	43	43,28±4,3
фенилаланин	141	151,48±15,1
Заменимые	1689	1522,56±152,5
аланин	106	84,83±8,5
аргинин	105	105,60±10,6
аспарагиновая	216	189,57±19,0
гистидин	78	77,90±7,8
глицин	46	40,68±4,1
глутаминовая	506	440,56±44,1
пролин	272	240,64±24,1
серин	185	161,00±16,1
тирозин	155	159,27±15,9
цистин	20	22,51±2,3
Сумма аминокислот	2866	2721,45±272,1

Как следует из данных, приведенных в таблице 14 питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками содержит все незаменимые аминокислоты, который приближается по количественным значениям к контрольному образцу.

Для объективной оценки биологической ценности нового питьевого йогурта был рассчитан аминокислотный скор, результаты приведены на рисунке 24.

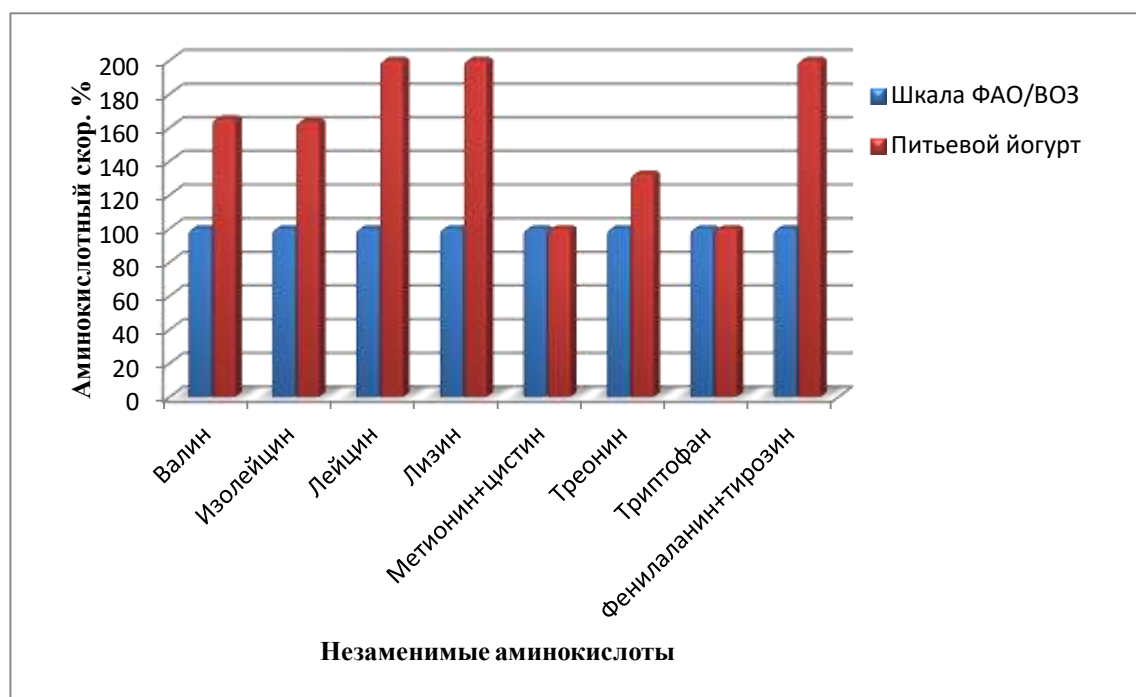


Рисунок 24- Аминокислотный скор питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками в сравнении со шкалой ФАО/ВОЗ

Из расчетных данных, представленных на рисунке 24 следует, что аминокислотный скор питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками в основном соответствует данным шкалы ФАО/ВОЗ. В первом опытном продукте есть лимитирующие аминокислоты, это метионин+цистин, их скор равен 91.

Результаты оценки витаминного состава питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Содержание витаминов в питьевого йогурте с инкапсулированными пробиотиками, мг/100г

Витамины	Питьевой йогурт (контроль)	Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
В ₁ (тиамин), мг	0,04	0,042±0,004
В ₂ (рибофлавин), мг	0,20	0,213±0,021
В ₃ - РР (ниацин), мг	0,15	0,186±0,0019
В ₅ (пантотеновая кислота), мг	0,31	0,432±0,043
В ₆ (пиридоксин), мг	0,05	0,086±0,009
В _с Фолиевая кислота, мкг	-	8,4±0,84
С (аскорбиновая кислота), мг	0,60	0,634±0,063
А (ретинол), мг	0,02	0,054±0,005
Е (токоферол), мг	-	0,037±0,004

D ₃ (кальциферол), мкг	-	1,9±0,19
-----------------------------------	---	----------

Питьевой йогурт содержит основные витамины В₁ В₂, РР, С, А, Е в профилактической дозе, если употреблять его в количестве 200-300 г в сутки.

Минеральный состав питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Минеральный состав питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, мг/ 100 г продукта

Продукт	К	Mg	Fe	Zn	Cu
Питьевой йогурт (контроль)	147	15	0,09	0,4	0,01
Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками	250	не обн.	3,24	0,467	0,046

Питьевой йогурт обогащен такими минеральными веществами, как Fe, Cu, К, Р.

Как известно, для пищевых продуктов также важен ещё один показатель – это энергетическая ценность (калорийность) пищи, которая характеризует долю энергии, высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ продуктов питания для обеспечения его физиологических функций.

По энергетической ценности пищевую продукцию классифицируют следующим образом:

- особо высокоэнергетичные – 400-900 ккал/100 г;
- высокоэнергетичные – 250-400 ккал/100 г;
- среднеэнергетичные – 100-250 ккал/100 г;
- низкоэнергетичные – до 100 ккал/100 г.

В питьевом йогурте с инкапсулированными пробиотиками рассчитана энергетическая ценность. Расчётные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Энергетическая ценность питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Продукт	Жиры, г	Белки, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками	2,0	3,6	8,5	64,3

Расчеты показали, что питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками относится к низкоэнергетическим, что делает их привлекательными для людей любого возраста.

Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками относится к биологически ценным функциональным продуктам, обогащенным живыми клетками пробиотической микрофлоры (Приложение Д).

4.6 Исследование процесса хранения питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Молоко и молочные продукты являются полезными для здоровья человека, так как обеспечивают организм человека сбалансированными и легкоусвояемыми белками, жирами, углеводами, минеральными веществами и витаминами.

Однако молоко и молочные продукты также представляют собой высокопитательную среду для развития микроорганизмов и легко подвергаются бактериальной и ферментативной порче.

Прогнозирование сроков хранения питьевого йогурта осуществляется на основании фактического исследования его показателей: микробиологических и органолептических, проявляемых во время низкотемпературного (холодильного) хранения 0-4 °С. Результаты изучения качественных показателей питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками приведены на рисунке 25 и в таблицах 18 и 19. Органолептическая оценка питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками приведена в таблице 18.

Таблица 18 - Органолептическая оценка питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Вариант	Консистенция	Запах и вкус	Внешний вид и цвет	Общий балл за органолептические показатели
Контроль	Однородная, густая	Кисломолочный	Белый	12
Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками	Однородная, густая	Кисломолочный	Светло-розовый	15

Исследования органолептических показателей питьевого йогурта показала, что в контрольном образце появилось расслоение консистенции, излишне кислый вкус через 72 ч (3 суток) хранения. В питьевом йогурте с инкапсулированными пробиотиками изменение в консистенции и вкусе наступили через 120 ч (5 суток) хранения.

Результаты органолептической оценки коррелируют с данными по динамике титруемой кислотности йогурта (рисунок 25).

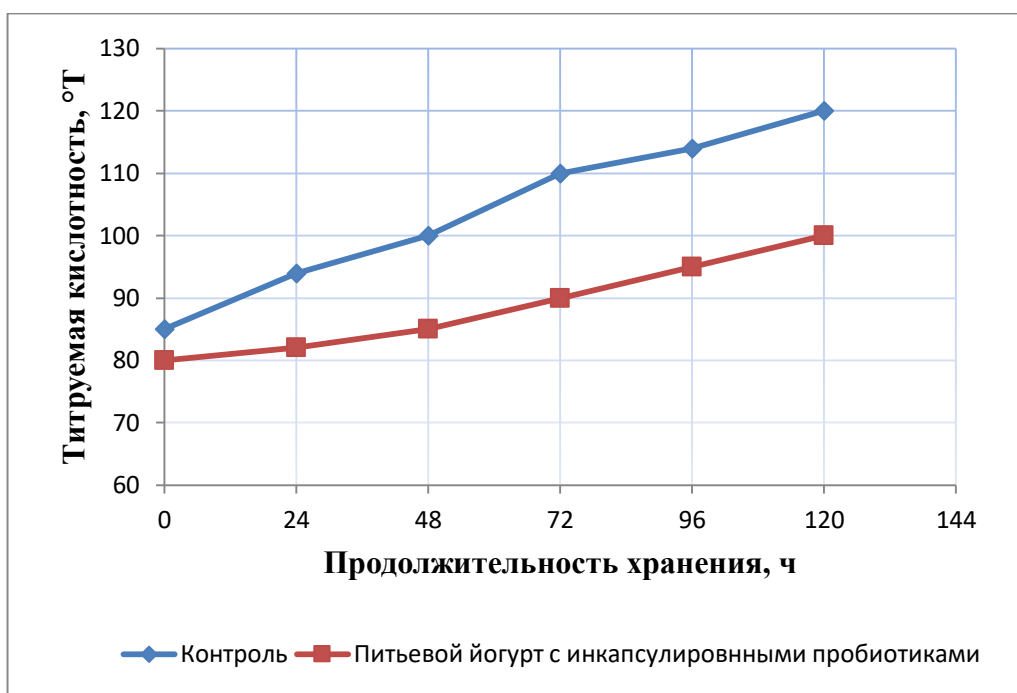


Рисунок 25 - Динамика титруемой кислотности в йогурте при хранении

Предельно допустимая титруемая кислотность в йогурте составляет 140°Т. В результате хранения в йогурте произошло увеличение титруемой кислотности, но, тем не менее, уровень этого показателя к 5-ым суткам хранения в исследуемом йогурте соответствовал требованиям.

Изучение микробиологических показателей опытного и контрольного продукта приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Общее количество жизнеспособных клеток в питьевом йогурте в процессе хранения, млн/см³

Вариант	Продолжительность хранения, ч							
	0	24	47	72	96	120	144	168
Контроль	$1,9 \times 10^9$	$7,2 \times 10^8$	$1,0 \times 10^8$	$2,5 \times 10^7$	Снят с хранения			
Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками	$1,9 \times 10^9$	$1,0 \times 10^9$	$9,2 \times 10^8$	$7,2 \times 10^8$	$4,8 \times 10^8$	$3,6 \times 10^8$	Снят с хранения	

Из данных таблицы 19 видно, что во время хранения при температуре 0-4 °С в контрольном образце идет снижение общего количества жизнеспособных

клеток, однако до конца срока хранения (3 суток) их количество находится в требуемых пределах для пробиотических продуктов.

Проведенные исследования органолептических и микробиологических показателей качества питьевого йогурта позволили установить срок годности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками – не более 5 суток при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.7 Определение вязкости питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Состав бактериальных заквасок, режимы пастеризации и гомогенизации, способ и продолжительность коагуляции молочного белка влияют на вязкость йогурта и свойства сгустков. В процессе производства йогурта сгусток подвергают механической обработке: перемешивание и охлаждение сгустка в емкости в конце ферментации; перекачивание сгустка в охладитель. В результате таких воздействий структура сгустка становится менее вязкой, при этом возможно отделение сыворотки.

Было изучено влияние внесения капсул и фруктово-ягодного сиропа на вязкость йогурта. Эксперимент проводили на ротационном вискозиметре Brookfield RVT.

Диапазон измерения вязкости экспериментальных образцов йогурта зависел от скорости вращения шпинделя, ее размеров, а также от размера посуды для образца, в котором вращался шпиндель.

На значения измеряемых реологических характеристик экспериментальных образцов йогурта влияло множество факторов. Основными факторами являлись:

- температура;
- скорость сдвига (особенно важно для неньютоновских жидкостей);
- параметры измерений (шпиндель, диапазон скорости вращения шпинделя);
- продолжительность измерений.

Вязкость йогурта измеряли при разных скоростях сдвига. Йогурт является неньютоновской жидкостью или вязкоупругим материалом и не может характеризоваться ньютоновской вязкостью. Поэтому было необходимо определить, зависит ли измеренная вязкость (скорость сдвига/ шпиндель) от продолжительности измерения. Для этого измеряли вязкость йогурта с постепенным увеличением скорости сдвига, а затем с ее уменьшением.

На основании полученных данных были построены графики зависимости вязкости экспериментальных образцов йогурта и контрольного образца от скорости сдвига. Данную зависимость описывали с помощью моделей, применяемых для систем, реологические свойства которых изменяются в процессе механического воздействия. На рисунке 26 приведены графики зависимости вязкости экспериментальных образцов и контрольного образца йогурта от скорости сдвига.

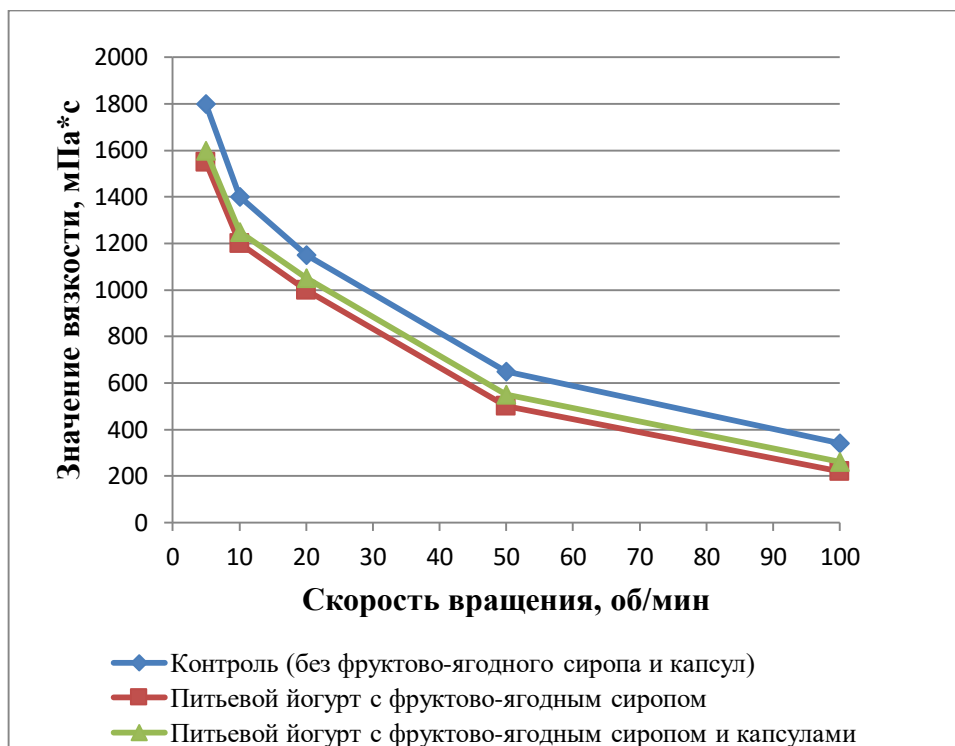


Рисунок 26 - Изменение вязкости йогурта в зависимости от скорости сдвига

Кривые на рисунках показывают что вязкость в процессе повышения скорости вращения шпинделя несколько больше (1800 мПа*с - контроль, 1550 мПа*с - питьевой йогурт с фруктово-ягодным сиропом, 1600 мПа*с - питьевой йогурт с фруктово-ягодным сиропом и капсулами). Эта графическая зависимость называется петлей гистерезиса и объясняется изменением вязкости жидкости с течением времени в процессе механического воздействия.

Внесение фруктово-ягодного сиропа способствует понижению вязкости йогуртов. Так, значение показателя вязкость при повышении скорости вращения шпинделя составляет 1800 (мПа*с) в контрольном образце йогурта, а в питьевом йогурте с фруктово-ягодным сиропом составляет 1550 (мПа*с). Аналогичная зависимость наблюдается в питьевой йогурте с фруктово-ягодным сиропом и капсулами (1600 мПа*с).

Таким образом, реологические параметры характеризуют структурнореологические свойства йогурта с внесением фруктово-ягодного сиропа и являются чувствительными при внесении его в рецептуры экспериментальных образцов йогурта, следовательно, должны быть учтены при производстве йогуртов.

4.8 Интегральная оценка сбалансированности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

По разработанной рецептуре питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками проведена интегральная оценка уровня сбалансированности

продукта по витаминному, минеральному, аминокислотному составу и энергетической ценности.

Для оценки уровня сбалансированности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками предлагается использовать следующие семь безразмерных критериев (индексов):

ИСРС – индекс сбалансированности рецептурного состава продукта (U_p);

ИСВС – индекс сбалансированности витаминного состава (U_B);

ИСМС – индекс сбалансированности минерального состава (U_m);

ИСАС – индекс сбалансированности аминокислотного состава (U_a);

ИСЖС – индекс сбалансированности жирнокислотного состава ($U_{ж}$);

ИСЭЦ – индекс сбалансированности энергетической ценности ($U_э$).

ИССР – индекс сбалансированности по соотношению Ж:Б:У (U_s).

Данные критерии позволяют оценить уровни сбалансированности на каждом этапе проектирования продуктов. Расчет частных критериев сбалансированности желательности производится как среднее геометрическое значение, например, формула для расчета индекса сбалансированности витаминного состава - ИСВС (U_B) запишется в виде:

$$U_B = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{B_j}{B_{эj}} \right)} \quad (7)$$

где B_j - массовая доля j -го витамина в продукте, мг%;

$B_{эj}$ - массовая доля j -го витамина, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

n – количество измеряемых витаминов в продукте.

Частный критерий сбалансированности рецептурного состава ИСРС:

$$U_P = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{P_j}{P_{эj}} \right)} \quad (8)$$

где P_j - массовая доля j -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода) в продукте, мг%;

$P_{эj}$ - массовая доля j -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода) соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

n – количество рецептурных элементов в продукте.

Частный критерий желательности минерального состава ИСМС:

$$U_M = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{M_j}{M_{эj}} \right)} \quad (9)$$

где M_j - массовая доля j -го минерала в продукте, мг%;

$M_{эj}$ - массовая доля j -го минерала, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

n – количество исследуемых минералов в продукте.

Частный критерий желательности аминокислотного состава ИСАС:

$$U_A = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{A_j}{A_{эj}} \right)} \quad (10)$$

где A_j - массовая доля j -й аминокислоты в продукте, мг%;

$A_{эj}$ - массовая доля j -й аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

n – количество незаменимых аминокислот в проектируемом продукте.

Частный критерий сбалансированности жирнокислотного состава ИСЖС:

$$U_{Ж} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{Ж_j}{Ж_{эj}} \right)} \quad (11)$$

где $Ж_j$ - массовая доля j -го жирного состава в продукте, мг%;

$Ж_{эj}$ - массовая доля j -го жирного состава, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг%;

Частный критерий сбалансированности энергетической ценности ИСЭЦ:

$$U_{Э} = \frac{Э_j}{Э_{эj}} \quad (12)$$

где $Э_j$ – энергетическая ценность продукта, кДж;

$Э_{эj}$ – энергетическая ценность продукта, соответствующая физиологически необходимой суточной норме, кДж.

Идеальная сбалансированность продукта будет достигнута тогда, когда частные критерии сбалансированности будут равны единицы, т.е. $U_p=1$, $U_b=1$, $U_m=1$, $U_{ж}=1$, $U_a=1$, $U_s=1$, $U_{э}=1$. Обобщенная функция сбалансированности Харрингтона (D_i) определяется как среднее геометрическое значение от частных критериев сбалансированности и рассчитывается по формуле:

$$D_i = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k U_i} = \sqrt[k]{U_p \cdot U_b \cdot U_m \cdot U_{жс} \cdot U_a \cdot U_{э} \cdot U_s} \quad (13)$$

где k – количество частных критериев сбалансированности.

Идеальная сбалансированность многокомпонентного продукта оценивается при обобщенном критерии сбалансированности Харрингтона равным $D_i = 1$.

Обработка данных проводилась с помощью программы MS Excel.

Интегральная оценка частных критериев сбалансированности рецептурного состава композиционного питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, с учетом принятых обозначений приведена в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная оценка вариантов рецептурного состава питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Ингредиенты	Варианты рецептур, расход ингредиентов, кг. на 100 кг (без учета потерь)				
	1 - контроль	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Молоко	84,0	84,0	85,0	83,0	83,0
Молоко сухое обезжиренное	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
Закваска на обезжиренном молоке	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Фруктово-ягодный сироп	4,0	4,0	3,0	5,0	4,0
Пробиотики	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Массовая доля, %					
жира	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
белка	3,5	3,6	3,5	3,5	3,4
углеводов	8,5	8,5	8,2	8,0	8,3
сухих веществ	13,4	13,5	12,5	13	12,5
Соотношение Ж:Б:У	1:1,7:4,2	1:1,8:4,2	1:1,7:4,1	1:1,8:4,2	1:1,7:4,3
Стандарт Ж:Б:У	1:1:4	1:1:4	1:1:4	1:1:4	1:1:4
ИСРС - U_p	0,029	0,029	0,029	0,028	0,028
Энергетическая ценность, кДж	263,7	268,9	273,0	229,6	245,5
ИСЭЦ - $U_э$	0,027	0,027	0,027	0,025	0,025
U_s	1,000	0,961	0,952	1,006	0,996

Анализ вариантов рецептурного состава питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками показал, что индекс сбалансированности по соотношению Ж:Б:У наиболее отвечает стандартным показателям в 4 и 5 вариантах рецептуры. Индекс сбалансированности рецептурного состава U_p , наоборот, более приближен к контрольному образцу во 2 и 3 вариантах. Индекс

сбалансированности энергетической ценности во 2 и 3 вариантах соответствует индексу контрольного образца.

4.9 Производственные испытания и внедрение результатов исследований

В производственных условиях апробирован технологический способ и технологические режимы производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотикам в КХ «Каликанұлы» (Приложение Е).

Установлено, что разработанная технология и технологические режимы применимы в производственных условиях. Выработка опытно-промышленной партии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками была проведена в молочном цехе на базе крестьянского хозяйства «Каликанұлы » г. Семей.

Для производства опытной партии продукта была применена оптимальная рецептура питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

Технологический процесс производства нового вида продукта осуществлен согласно разработанной и утвержденной технологической инструкции. По технологическим параметрам производственная выработка не отличалась от лабораторной. Все качественные показатели выработанного продукта в производственных условиях соответствуют утвержденным нормативным документам.

Акт выработки и протокол дегустации показали, что продукт по показателям качества соответствует требованиям потребителя, промышленности и представляет собой продукт высокого качества.

Члены дегустационной комиссии подтвердили, что новый вид питьевого йогурта обладает высокими потребительскими свойствами: гармоничным сочетанием органолептических свойств, широким спектром питательных веществ и характеризуется повышенными пробиотическими свойствами. Дегустационная комиссия, рассмотрев опытные образцы питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками и представленные на утверждение стандарт и технологическую инструкцию, приняла решение - рекомендовать разработанную технологию к внедрению в производство. Результаты дегустации представлены в приложении Ж.

Производственная апробация установки была проведена в Семейском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Приложение И).

Разработана и утверждена нормативно-техническая документация:
- стандарт организации – СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019;
- технологическая инструкция производства ТИ РК РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019 (Приложение К).

Новизна технологии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками подтверждена патентом РК на полезную модель 2019/0508.2, 04.06.2019 (Приложение Л).

Результаты научно-исследовательской работы внедрены в учебный процесс и используются в лекционных курсах и при проведении лабораторных занятий, а также при выполнении выпускных работ при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся по образовательной программе «Биотехнология», «Стандартизация и сертификация» (Приложение М).

4.9.1 Расчет себестоимости и отпускной цены питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Расчет отпускной цены на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками проведен на основании методических материалов «Себестоимость производства и реализации продукции» [161].

Главной задачей данного раздела является экономическое обоснование внедрения на производство нового вида продукта: питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками. Для этого необходимо сравнить экономические показатели выработки нового продукта с продуктом, выработанного по традиционной технологии.

Для определения получаемой прибыли расчет проводили в сравнении с затратами на контрольный продукт - питьевой йогурт.

Расчет стоимости сырья представлен в таблице 21.

Таблица 21 - Расчет стоимости сырья питьевых йогуртов (на 1000 кг продукции)

Наименование сырья и материалов	Цена за 1 кг, тн	Питьевой йогурт			
		Контрольный		Экспериментальный	
		расход на 1 т, кг	стоимость, тн	расход на 1 т, кг	стоимость, тн
Молоко с массовой долей жира 2,5 %	200	840	168000	837	167400
Молоко сухое обезжиренное	1200	70	84000	70	84000
Закваска	300	50	15000	50	15000
Фруктово-ягодный сироп	1800	40	72000	40	72000
Пробиотики	2400	0	0	3	7200
Итого	-	1000	339000	1000	345600
Примечание – цены на 2019 г.					

Проведены расчеты затрат на вспомогательные материалы. К вспомогательным материалам относятся материалы, необходимые для обеспечения хранения, транспортировки, маркировки, фасовки продукта (тара,

упаковка, моющие средства, химикаты и др. материалы). Затраты на вспомогательные материалы определяются как 5% от стоимости сырья:

Контрольный	$339000 \times 0,05 = 16950$ тенге
Экспериментальный	$345600 \times 0,05 = 17280$ тенге

Энергетические расходы рассчитываются как 25% от стоимости сырья и материалов:

Контрольный	$339000 \times 0,25 = 84750$ тенге
Экспериментальный	$345600 \times 0,25 = 86400$ тенге

Далее проведены расчеты по определению затрат на оплату труда. Для этого необходимо вначале рассчитать тарифный фонд, путем умножения нормы времени на производство продукта на тарифную ставку (1000-1200 тг/час).

Нормы времени по выработке 1000 кг данного продукта составляет 22,5 чел-часов.

Контрольный	$22,5 \times 1000 \times 1,22 = 27450$ тенге
Экспериментальный	$22,5 \times 1000 \times 1,22 = 27450$ тенге

«Накладные расходы» связаны с расходами на управление и обслуживание производства и носят комплексный характер. «Накладные расходы» составляют 40% от заработной платы.

Контрольный	$27450 \times 0,4 = 10980$ тенге
Экспериментальный	$27450 \times 0,4 = 10980$ тенге

«Расходы периода», состоят из общих и административных расходов, расходов по реализации и расходов на оплату процентов. Их считают как 70 % от заработной платы.

Контрольный	$27450 \times 0,7 = 19215$ тенге
Экспериментальный	$27450 \times 0,7 = 19215$ тенге

Полная себестоимость получается в результате суммирования всех предыдущих затрат. Они составляют:

Контрольный	498345 тенге
Экспериментальный	506925 тенге

После определения полной себестоимости единицы продукта по рассматриваемым продуктам проведен расчет цены и прибыли с единицы каждого вида продукта. Для начала определена продажная цена контрольного продукта, при этом применен уровень плановой рентабельности, учитывающий качество изделия в размере 15%:

$$П = ПС * Р / 100 \quad (14)$$

где П – прибыль, ПС – полная себестоимость, Р - рентабельность

Контрольный	$498345 \times 0,15 = 74751,75$
-------------	---------------------------------

Экспериментальный $506925 \times 0,20 = 101385$

Налог на прибыль рассчитывается 20% от прибыли:

Контрольный $74751,75 \times 0,2 = 14950,35$

Экспериментальный $101385 \times 0,2 = 20277$

Чистая прибыль - это остаток дохода после уплаты налогов.

Контрольный $74751,75 - 14950,35 = 59801,40$

Экспериментальный $101385 - 20277 = 81108$

Таким образом, суммируя прибыль и себестоимость получена оптовая цена продукта:

Контрольный $498345 + 74751,75 = 573096,75$

Экспериментальный $506925 + 101385 = 608310$

Таким образом, прибыль экспериментального продукта будет выше чем контрольного продукта на 26633,25 тенге ($101385 - 74751$). Рентабельность нового продукта будет составлять: $R = П/ПС * 100\% = 101385/506925 * 100\% = 20\%$, что выше чем контрольный на 5 %

Как видно из результатов расчетов питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, производство данного продукта является рентабельным и будет пользоваться большим спросом на рынке. В таблице 22 представлены результаты проведенных расчетов.

Таблица 22 – Сводные данные по экономическому расчету для питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Показатели	Контрольный продукт	Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
1	2	3
Расход на 1 тонну продукции, тенге	498345	506925
в том числе:		
а) сырье и основные материалы	339000	345600
б) вспомогательные материалы	16950	17280
в) энергия	84750	86400
г) оплата труда	27450	27450
д) накладные расходы	10980	10980
е) расходы периода	19215	19215
Рентабельность, %	15	20
Прибыль, тенге	74751,75	101385

Продолжение таблицы 22

1	2	3
Налог на прибыль, тенге	14950,35	20277
Чистая прибыль, тенге	59801,40	81108
Оптовая цена, тенге	573096,75	608310
Оптовая цена 500 гр. продукта, тенге	286,55	304,16
Примечание – Расчеты себестоимости и отпускной цены на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками выполнены на 2019 г.		

Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о том, что производство питьевого йогурта позволит расширить ассортимент молочных продуктов на рынках региона, но и даст ощутимый экономический эффект в виде прибыли в размере 26633,25 тенге с 1000 килограмм продукта.

Основные выводы по разделу.

1) Согласно результатам экспериментальных исследований, сделан вывод, что внесение инкапсулированных пробиотиков в питьевой йогурт незначительно изменяет основные физико-химические параметры продукта.

2) По органолептическим показателям оптимальной дозой внесения инкапсулированных пробиотиков является 0,3%.

3) Разработана технология и рецептура питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками, утверждена нормативно-техническая документация на продукт. Исследованы органолептические, физико-химические, микробиологические показатели полученного продукта. Анализ данных свидетельствует о высокой пищевой и биологической ценности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

4) Проведена интегральная оценка сбалансированности рецептурного состава питьевого йогурта. Также, высчитаны уровни сбалансированности витаминного и минерального составов питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

5) Рассчитана экономическая эффективность производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный поиск информационных данных позволил сделать вывод, что исследовательские работы, связанные с созданием функциональных продуктов питания, разработанные на основе естественного пищевого сырья, с включением инкапсулированных пробиотиков, является перспективным направлением. Особую роль в функциональном питании ученые отводят кисломолочным продуктам с пробиотиками, которые оказывают более выраженное функциональное воздействие на организм человека, за счёт комплексного действия пробиотиков.

2. На основании экспериментальных исследований обоснован выбор материалов используемых для инкапсулирования, выбрана оптимальная концентрация альгината и желатина в соотношении 1:1. Для получения капсул, использовался экструзионный метод инкапсулирования.

3. Установлено, что количество жизнеспособных клеток штаммов *Propionibacterium* в модельной среде, имитирующей желудок (рН 2,0) уменьшилось примерно на 2,5-5 lg, что доказывает чувствительность данных пробиотиков к кислой среде. Выбор штамма *P. freudenreichii* для инкапсулирования объясняется тем, что в отличие от других штаммов они способны продуцировать ряд полезных соединений - нутрицевтиков, проявляя при этом низкие ростовые потребности.

4. Установлено, что инкапсулированные пробиотики *P. freudenreichii* в модельной среде тонкого кишечника SIF (рН 7,2) высвобождаются уже через 30 минут инкубирования, что свидетельствует о том, что альгинатно-желатиновая капсула способствует доставке пробиотика в отдел тонкого кишечника, где они способны обеспечить успешное лечебное воздействие.

5. Определен гарантированный срок хранения капсул, не подвергнутых сублимационной сушке – 14 дней, капсул после сублимационной сушки – 70 дней при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$.

6. Разработана технология питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками. Исследована пищевая и биологическая ценность готового продукта. Анализ данных свидетельствует о высокой пищевой и биологической ценности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

7. Исследован процесс хранения питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками и установлен срок хранения питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками – не более 5 суток при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$.

8. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками. Промышленная апробация технологии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками проведена в молочном цехе на базе крестьянского хозяйства «Каликанұлы» г. Семей. Проведен расчет экономических показателей нового продукта, оптовая цена питьевого йогурта составила - 500 г продукта – 304,16 тенге.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 г. Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции.
https://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-n-nazarbaeva-narodu-kazahstana-10-yanvary-2018-g
[22.11.2018]
2. Государственная программа развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық» на 2016 - 2019 годы
<http://dsm.gov.kz/ru/pages/gosudarstvennaya-programma-razvitiya-zdravoohraneniya-respubliki-kazahstan-densaulyk-na-2016-0> [22.11.2018]
3. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013–2020 годы «Агробизнес – 2020»
<https://moa.gov.kz/ru/documents/411> [29.11.2018]
4. Тужилкин В.И., Доронин А.Ф., Кочетова А.А. Функциональные пищевые продукты – стратегия современного питания // Технология здорового питания. Ч. 1. – М.: Московский гос. ун-т пищевых продуктов, 2003. – С. 60.
5. Артюхова С.И. Использование пробиотиков и пребиотиков в биотехнологии производства биопродуктов: монография – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 112 с.
6. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Хуторянский В.В., Есимбеков Ж.С. Пробиотики. Пребиотики. Синбиотики: аналитический обзор. – Усть-Каменогорск: ВКФ АО «НЦНТИ», 2015. – 49 с.
7. Lupinская С.М., Овчинникова Т.А., Шапошникова Е.Ю. Потребительский спрос на функциональные молочные продукты // Молочная промышленность. -2006.-№8.-С.73-75.
8. Ананьева Н.В. Совершенствование технологии пробиотических культур прямого внесения для молочных продуктов: диссер...канд.тех.наук: 05.18.07. -Москва: МГУ прикладной биотехнологии, 2007.-196с. - Инв. №61:07-5/3985
9. Metchnikoff E. The prolongation of life: Optimistic studies. 1st ed. New York and London //G.P.Putman's Sons; 1908.p. 161-183.
10. Tissier H. The treatment of intestinal infections by the method of transformation of bacterial intestinal flora //C R Soc Biol 1906; 60: 359-361.
11. Lilly D. M., Stillwell R. H., «Probiotics: Growth- Promoting Factors Produced by Microorganisms» //Science, Vol. 147, No. 3659, 1965, pp. 747-748. doi:10.1126/science.147.3659.747
12. Parker R. B., «Probiotics, the other half of the antibiotics story» //Animal Nutrition Health, vol. 29, p. 4–8, 1974.
13. Fuller R., «Probiotics in man and animals» // Journal of Applied Bacteriology, 66, 365-378, 1989.
14. Havenaar R., Huis in't Veld J.H.J., Probiotics // A General Review in the Lactic Acid Bacteria in Health and Disease. In: Wood, B., Ed., Elsevier, London,

1992.

15. Guarner F., Schaafsma G.J., Probiotics. //International Journal of Food Microbiology, 39, 237-238, 1998.

16. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. - Cordoba, Argentina. – 2001. – 34 p.

17. Rastogi P., Saini H., Dixit J., Singhal R. Probiotics and oral health. //Natl J Maxillofac Surg 2(1):6–9, 2011.

18. Kechagia M., Basoulis D., Konstantopoulou S., Dimitriadi D., Gyftopoulou K., Skarmoutsou N., Fakiri E.M. Health benefits of probiotics: a review. //International Scholarly Research Network Nutr Article ID 481651, 2013.

19. Mattila-Sandholm T., Salminen S., Up-to-date on probiotics in Europe //Gastroenterol. Int. 11, 8–16, 1998.

20. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А. Безопасность, функциональные и технологические свойства пробиотических бактерии //Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов, посвященный 60-летию отдела СибНИИС. ФГБНУ ФАНЦА -Барнаул, 2018. - с.165-169.

21. Marteau P., Gerhardt M.F., Myara A., Bouvier E., Trivin F., Rambaud J.C., Metabolism of bile salts by alimentary bacteria during transit in the human small intestine //Microb. Ecol. Health Dis.-1995. 8, 151–157.

22. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Жарыкбасова К.С., Бепеева А.Е., Мирашева Г.О., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А. Инкапсулирование биологически активных добавок и их использование при производстве пищевых продуктов: монография.- Алматы.:РГП на ПХВ Государственный университет имени Шакарима города Семей, 2018. – 218 с.

23. Fukushima Y., Kawata Y., Hara H., Terada A., Mitsuoka T. Effect of a probiotic formula on intestinal immunoglobulin a production in healthy children //Int. J. Food Microbiol.- 1998.- 42, p.39–44.

24. Johansson M.L., Nobaek S., Berggren A., Nyman M., Bjorck I., Ahrne S., Jeppsson B., Molin G. Survival of *Lactobacillus plantarum* and effect on the short-chain fatty acid content of faeces after ingestion of a rose-hip drink with fermented oats // Int. J. Food Microbiol.-1998.-42, p.29–38.

25. Патент РК № 30379. Кисломолочный симбиотический напиток «СИМБ-А» /Шарманов Т., Шарман А., Шарман Д., Синявский Ю.А., Кушугулова А.Р.; заявитель и патентообладатель Товарищество с ограниченной ответственностью «Global Technology Network».- опубл. 15.09.2015, Бюл. №9.

26. Патент РК № 24263. Консорциум бактериальных культур БП-3 (*Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus delbrueskii*, *Lactococcus lactis*) для приготовления йогурта /Уразова М.С., Туякова А.К., Кушугулова А.Р., Шахабаева Г.С., Абжалелов А.Б.; заявитель и патентообладатель РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» Комитета науки МОН РК.- опубл. 15.07.2011, Бюл.№ 7.

27. Патент РФ № 2329651. Кисломолочный продукт и способ его получения (варианты) /Ильин В. П., Ильина С.Г., Юрченко Н.А., Лунева Н.М.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Био-Веста». - опубл. 27.07.2008, Бюл. № 21.
28. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Мирашева Г.О., Джумажанова М.М., Кожаметова А.Н. Применение пробиотиков в медицине и в пищевой промышленности //Матер. IX междунар. научно-технич. конф. «Казахстан - Холод 2019». - Алматы: АТУ, 2019. -с. 100-104.
29. Butel M.J. Probiotics, gut microbiota and health //Medecine et maladies infectieuses. 2014 Jan; 44(1) - P. 1-8.
30. Round J.L, Mazmanian SK. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during health and disease //Nat Rev Immunol 2009;9:313–23.
31. Menard O., Butel M.J., Gaboriau-Routhiau V., Waligora-Dupriet A.J. Gnotobiotic mouse immune response induced by Bifidobacterium sp. strains isolated from infants //Appl Environ Microbiol 2008;74:660–6.
32. Anandharaj M., Sivasankari B., Rani R.P. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on hypercholesterolemia: a review //Chin J Biol.- 2014. Article ID 572754
33. McFarland L. V. «Meta-analysis of probiotics for the prevention of antibiotic associated diarrhea and the treatment of Clostridium difficile disease» //American Journal of Gastroenterology, vol. 101, no. 4, pp. 812–822, 2006.
34. Hempel S., Newberry S. J., Maher A. R., «Probiotics for the prevention and treatment of antibiotic-associated diarrhea a systematic review and meta-analysis» //The Journal of the American Medical Association, vol. 307, no. 18, pp. 1959–1969, 2012.
35. Shah N. P. «Functional cultures and health benefits» //International Dairy Journal, vol. 17, no. 11, pp. 1262–1277, 2007.
36. Pedone C. A., Bernabeu A. O., Postaire E. R., Bouley C. F., Reinert P. «The effect of supplementation with milk fermented by Lactobacillus casei (strain DN-114 001) on acute diarrhea in children attending day care centres» //International Journal of Clinical Practice, vol. 53, no. 3, pp. 179–184, 1999.
37. Kaila M., Isolauri E. Enhancement of the circulating antibody secreting cell response in human diarrhea by a human Lactobacillus strain //Pediatr Res 1992;32:141–144.
38. Kechagia M., Basoulis D., Konstantopoulou S., Dimitriadi D., Gyftopoulou K., Skarmoutsou N. Fakiri E.M. Health benefits of probiotics: a review //ISRN Nutr.- 2013Article ID 481651
39. Wilkinson M.G. Flow cytometry as a potential method of measuring bacterial viability in probiotic products: A review //Trends Food Sci. Technol. 2018, 78, 1–10.
40. Воловик Т.И., Капрельянц Л.В. Оптимизация параметров процесса инкапсулирования пробиотических культур //Харчова наука і технологія. – 2014. - № 3(28). – С. 19-22.
41. Lahtinen S.J., Gueimonde M., Ouwehand A.C., Reinikainen J.P.,

Salminen S.J. Probiotic bacteria may become dormant during storage //Appl. Environ. Microbiol. - 2005, 71, 1662–1663.

42. Galdeano C.M., Perdigon G. Role of viability of probiotic strains in their persistence in the gut and in mucosal immune stimulation //J. Appl. Microbiol. 2004, 97, 673–681.

43. Pelletier X., Laure-Boussuge S., Donazzolo Y. Hydrogen excretion upon ingestion of dairy products in lactose-intolerant male subjects: Importance of the live flora // Eur. J. Clin. Nutr. 2001, 55, 509–512.

44. Champagne C.P., Gomes da Cruz A., Daga M. Strategies to improve the functionality of probiotics in supplements and foods //Curr. Opin. Food Sci. 2018, 22, 160–166.

45. Putta S., Yarla N.S., Lakkappa D.B., Imandi S.B., Malla R.R., Chaitanya A.K. In Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods //Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018.

46. Barer M.R. Chapter 10—Bacterial Growth, Culturability and Viability //In Molecular Medical Microbiology: Boston, MA, USA, 2015.

47. Sabikhi L., Babu R., Thompkinson D.K., Kapila S. Resistance of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* LA1 to processing treatments and simulated gut conditions //Food Bioprocess Technol. 2010, 3, 586–593.

48. Vijayakumar M., Ilavenil S., Kim D.H., Arasu M.V., Priya K., Choi K.C. In-vitro assessment of the probiotic potential of *Lactobacillus plantarum* KCC-24 isolated from Italian rye-grass (*Lolium multiflorum*) forage //Anaerobe 2015, 32, 90–97.

49. Turkova K., Mavric A., Narat M., Rittich B., Spanová A., Rogelj I., Matijasic B. Evaluation of *Lactobacillus* strains for selected probiotic properties //Folia Microbiol. 2013, 58, 261–267.

50. Terpou A., Bekatorou A., Kanellaki M., Koutinas A.A., Nigam P. Enhanced probiotic viability and aromatic profile of yogurts produced using wheat bran (*Triticum aestivum*) as cell immobilization carrier //Process Biochem. 2017, 55, 1–10.

51. Ranadheera C.S., Evans C.A., Adams M.C., Baines S.K. In vitro analysis of gastrointestinal tolerance and intestinal cell adhesion of probiotics in goat's milk ice cream and yogurt //Food Res. Int. 2012, 49, 619–625.

52. Liong M.T.; Shah, N.P. Acid and bile tolerance and cholesterol removal ability of lactobacilli strains. J. Dairy Sci. 2005, 88, 55–66.

53. Lo Curto, A.; Pitino, I.; Mandalari, G.; Dainty, J.R.; Faulks, R.M.; JohnWickham, M.S. Survival of probiotic lactobacilli in the upper gastrointestinal tract using an in vitro gastric model of digestion // Food Microbiol. 2011, 28, 1359–1366.

54. Гаврилова Н.Б. Экспериментальное исследование иммобилизации клеток микроорганизмов в гель биополимеров// Техника и технология пищевых производств.- 2012.- № 3. – С.1-8 .

55. Глотова И.А., Макаркина Е.Н., Курчаева Е.Е., Проняева М.В. Новые биополимерные композиции для получения капсулированных пищевых

добавок.// Известия Вузов. Пищевая технология. № 4.- 2012.- С. 13-16.

56. Воробьева Л.И. Пропионовокислые бактерии. -М.: Изд-во МГУ, - 1995. -288 с.

57. Cousin, F.J.; Mater, D.D.G.; Foligne, B.; Jan, G. Dairy propionibacteria as human probiotics: //A review of recent evidence. Dairy Sci. Technol. 2010, 91, 1–26.

58. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) Scientific Opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed (2013 update): QPS 2013 update. EFSA J. 2013, 11, 3449.

59. Хамагаева И.С., Качанина Л.М., Тумурова С.М. Биотехнология заквасок пропионовокислых бактерий. - Улан - Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006.- 172 с.

60. Okada, Y.; Tsuzuki, Y.; Narimatsu, K.; Sato, H.; Ueda, T.; Hozumi, H.; Sato, S.; Hokari, R.; Kurihara, C.; Komoto, S.; et al. 1,4-Dihydroxy-2-naphthoic acid from *Propionibacterium freudenreichii* reduces inflammation in interleukin-10-deficient mice with colitis by suppressing macrophage-derived proinflammatory cytokines. // J. Leukoc. Biol. 2013, 94, 473–480.

61. Parizzi, L.P.; Grassi, M.C.B.; Llerena, L.A.; Carazzolle, M.F.; Queiroz, V.L.; Lunardi, I.; Zeidler, A.F.; Teixeira, P.J.; Mieczkowski, P.; Rincones, J.; et al. The genome sequence of *Propionibacterium acidipropionici* provides insights into its biotechnological and industrial potential // BMC Genom. 2012, 13, 562.

62. Amund, O.D. Exploring the relationship between exposure to technological and gastrointestinal stress and probiotic functional properties of lactobacilli and bifidobacteria. //Can. J. Microbiol. 2016, 62, 715–725

63. Huang, S.; Rabah, H.; Jardin, J.; Briard-Bion, V.; Parayre, S.; Maillard, M.-B.; Le Loir, Y.; Chen, X.D.; Schuck, P.; Jeantet, R.; et al. Hyperconcentrated Sweet Whey, a New Culture Medium That Enhances *Propionibacterium freudenreichii* Stress Tolerance. // Appl. Environ. Microbiol. 2016, 82, 4641–4651

64. Guan, N.; Liu, L.; Shin, H.; Chen, R.R.; Zhang, J.; Li, J.; Du, G.; Shi, Z.; Chen, J. Systems-level understanding of how *Propionibacterium acidipropionici* respond to propionic acid stress at the microenvironment levels: Mechanism and application. // J. Biotechnol. 2013, 167, 56–63.

65. Cardoso, F.S.; Gaspar, P.; Hugenholtz, J.; Ramos, A.; Santos, H. Enhancement of trehalose production in dairy propionibacteria through manipulation of environmental conditions. //Int. J. Food Microbiol. 2004, 91, 195–204.

66. Saraoui, T.; Parayre, S.; Guernec, G.; Loux, V.; Montfort, J.; Le Cam, A.; Boudry, G.; Jan, G.; Falentin, H. A unique in vivo experimental approach reveals metabolic adaptation of the probiotic *Propionibacterium freudenreichii* to the colon environment. //BMC Genom. 2013, 14, 911.

67. Ouwehand, A.C.; Tölkkö, S.; Kulmala, J.; Salminen, S.; Salminen, E. Adhesion of inactivated probiotic strains to intestinal mucus. //Lett. Appl. Microbiol. 2000, 31, 82–86.

68. Ganán, M.; Martínez-Rodríguez, A.J.; Carrascosa, A.V.; Vesterlund, S.; Salminen, S.; Satokari, R. Interaction of *Campylobacter* spp. and Human Probiotics

in Chicken Intestinal Mucus: Adhesion of *Campylobacter* and Interaction with Probiotics // *Zoonoses Public Health* 2013, 60, 141–148.

69. Martínez, E.A.; Babot, J.D.; Lorenzo-Pisarello, M.J.; Apella, M.C.; Chaia, A.P. Feed supplementation with avian *Propionibacterium acidipropionici* contributes to mucosa development in early stages of rearing broiler chickens // *Benef. Microbes* 2016, 7, 687–698.

70. Hudson, L.E.; Anderson, S.E.; Corbett, A.H.; Lamb, T.J. Gleaning Insights from Fecal Microbiota Transplantation and Probiotic Studies for the Rational Design of Combination Microbial Therapies // *Clin. Microbiol. Rev.* 2017, 30, 191–231.

71. Saxelin, M.; Lassig, A.; Karjalainen, H.; Tynkkynen, S.; Surakka, A.; Vapaatalo, H.; Järvenpää, S.; Korpela, R.; Mutanen, M.; Hatakka, K. Persistence of probiotic strains in the gastrointestinal tract when administered as capsules, yoghurt, or cheese // *Int. J. Food Microbiol.* 2010, 144, 293–300.

72. Herve, C.; Fondrevez, M.; Chéron, A.; Barloy-Hubler, F.; Jan, G. Transcarboxylase mRNA: A marker which evidences *P. freudenreichii* survival and metabolic activity during its transit in the human gut. // *Int. J. Food Microbiol.* 2007, 113, 303–314.

73. Thierry, A.; Deutsch, S.-M.; Falentin, H.; Dalmasso, M.; Cousin, F.J.; Jan, G. New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii* // *Int. J. Food Microbiol.* 2011, 149, 19–27.

74. Yee, A.L.; Maillard, M.-B.; Roland, N.; Chuat, V.; Leclerc, A.; Pogačič, T.; Valence, F.; Thierry, A. Great interspecies and intraspecies diversity of dairy propionibacteria in the production of cheese aroma compounds // *Int. J. Food Microbiol.* 2014, 191, 60–68.

75. Zárte, G. Dairy Propionibacteria: Less Conventional Probiotics to Improve the Human and Animal Health. In *Probiotic in Animals* // InTechOpen: Rijeka, Croatia, 2012; ISBN 978-953-51-0777-4.

76. Wang, P.; Zhang, Z.; Jiao, Y.; Liu, S.; Wang, Y. Improved propionic acid and 5,6-dimethylbenzimidazole control strategy for vitamin B12 fermentation by *Propionibacterium freudenreichii*. // *J. Biotechnol.* 2015, 193, 123–129.

77. Houem Rabah; Fillipe Luiz Rosa do Carmo; Gwénaél Jan. Dairy Propionibacteria: Versatile Probiotics. // *Microorganisms* 2017, 5, 24; doi:10.3390

78. C. Desmond, C. Stanton, G. F. Fitzgerald, K. Collins, and R. P. Ross, “Environmental adaptation of probiotic lactobacilli towards improvement of performance during spray drying” // *International Dairy Journal*, vol. 12, no. 2-3, pp. 183–190, 2012.

79. Бепеева А.Е., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А., Муратбаев А.М. Перспективность применения процесса инкапсулирования пробиотиков. // *Вестник Государственного университета имени шакарима города Семей.* № 1(85)2019.- С. 183-187

80. Евтеев А.В., Горбунова Н.В., Разумова Л.С., Крепнева А.А., Банникова А.В. Физические свойства инкапсулированных форм биологически активных веществ в процессе ферментативного гидролиза *in vitro* // *Аграрный*

научный журнал. - 2017.-№1.-С.1-4.

81. Капрельянц Л.В., Воловик Т.Н. Исследование процесса ко-инкапсулирования пробиотических культур //Харчова наука і технологія. – 2012. - № 1(18). – С. 14-26.

82. Воронько Н.Г. Совершенствование процесса капсулирования рыбных жиров на основе применения полисахаридов //Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - 2000.-С.201

83. N. J. Zuidam and E. Shimoni, “Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to take them,” in Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing, N. J. Zuidam and V. Nedovic, Eds., pp. 3–29 //Springer, New York, NY, USA, 2009.

84. B. F. Gibbs, S. Kermasha, I. Alli, and C. N. Mulligan, “Encapsulation in the food industry: a review” //International Journal of Food Sciences and Nutrition, vol. 50, no. 3, pp. 213–224, 1999.

85. M. T. Cook, G. Tzortzis, D. Charalampopoulos, and V.V. Khutoryanskiy, “Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery,” //Journal of Controlled Release, vol. 162, pp. 56–57, 2012.

86. C. P. Champagne and P. Fustier, “Microencapsulation for delivery of probiotics and other ingredients in functional dairy products” //Functional Dairy Products, vol. 2, pp. 404–426, 2007.

87. G. K. Gbassi and T. Vandamme, “Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut” //Pharmaceutics, vol. 4, no. 1, pp. 149–163, 2012.

88. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Джумажанова М.М. Перспективность применения процесса инкапсулирования в пищевой промышленности //«Казахстан-холод 2017», сборник докладов конференции 15-16 марта 2017г. VII Международная научно-техническая конференция Алматы: Алматинский технологический университет 2017. - С.130-133

89. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Жарыкбасова К.С., Бепеева А.Е., Байбалинова Г.М., Мирашева Г.О. Технология получения и использования биологически активных добавок в производстве молочных продуктов. //РГП на ПХВ Государственный университет имени Шакарима города Семей. - Алматы, 2016.- 146 с.

90. Gardiner, G., Ross, R.P., Collins, J.K., Fitzgerald, G., Stanton, C., 1998. Development of a probiotic Cheddar cheese containing human-derived *Lactobacillus paracasei* strains //Applied and Environmental Microbiology 64 (6), 2192–2199.

91. Dinakar P., Mistry V. (1994), ‘Growth and viability of *Bifidobacterium bifidum* in cheddar cheese’ // J Dairy Sci, 77, 2854–2864.

92. Sun Wr., Griffi Th. (2000), ‘Survival of bifidobacteria in yogurt and simulated gastric juice following immobilization in gellan-xanthan beads’ //Int J Food Microbiol, 61, 17–25.

93. Champagne C., Fustier P. (2007a), Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods //Curr Opin Biotechnol, 18(2), 184–190.

94. Capela P., Hay T., Shah N. (2006), Effect of cryoprotectants, prebiotics

and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt //Food Res Int, 39, 203–211.

95. Sultana K., Godward G., Reynolds N., Arumugaswamy R., Peiris P., Kailasapathy K. (2000), Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt //Int J Food Microbiol, 62, 47–55.

96. Anjani K., Iyer C., Kailasapathy K. (2004), Survival of co-encapsulated complementary probiotics and prebiotics in yoghurt //Milchwissenschaft, 59(7–8), 396–399.

97. Burgain J, Gaiani C, Linder M, Scher J. Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications //J Food Eng 2011, 104:467-483.

98. Патент РК №31516. Способ производства кисломолочного напитка с инкапсулированными пробиотиками. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Мирашева Г.О., Байбалинова Г.М., Есимбеков Ж.С. //РГП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима города Семей».-опубл. 30.09.2016, бюл. №12

99. Heidebach T., Först P., Kulozik U. (2010), Influence of casein-based microencapsulation on freeze-drying and storage of probiotic cells //J Food Eng, 98, 309–316.

100. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Хуторянский В.В., Есимбеков Ж.С. Гидрофильные полимеры для инкапсулирования пробиотиков: Аналитический обзор //Государственный университет имени Шакарима г. Семей. ТОО «Международное Агентство Подписки»- Алматы:, 2016.-48с.

101. Skjak-Braek G., Larsen B., Smidsrod O. (1986), Tailoring of alginates by enzymatic modification in vitro //Int J Biol Macromol, 8(6), 330–336.

102. Chandramouli V., Kailasapathy K., Peiris P., Jones M. (2004), An improved method of microencapsulation and its evaluation to protect *Lactobacillus* spp. in simulated gastric conditions //J Microbiol Methods, 56, 27–35.

103. Cheetham P.Sj., Blunt K.W., Bucke C. (1979), Physical studies on cell immobilization using calcium alginate gels //Biotechnol Bioeng, 21, 2135–2168.

104. Gouin S. (2004), Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends //Trends Food Sci Technol, 15, 330–347.

105. Chen H., Ouyang W., Jones M., Haque T., Lawuyi B., Prakash S (2005), In-vitro analysis of APA microcapsules for oral delivery of live bacterial cells //J Microencapsul, 22, 539–547.

106. Krasaekoopt W., Bhandari B., Deeth H. (2004), The influence of coating materials on some properties of alginate beads and survivability of microencapsulated probiotic bacteria //Int Dairy J, 14(8), 737–743.

107. Chen M., Chen Kn (2007), ‘Applications of probiotic encapsulation in dairy products’, in Lakkis JM, //Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems, USA, Wiley-Blackwell, 83–107.

108. Camelin I., Lacroix C., Paquin C., Prevost H., Cachon R., Divies C.

(1993), Effect of chelating agents on gellan gel rheological properties and setting temperature for immobilization of living bifidobacteria //Biotechnol Prog, 9, 291–297.

109. Sultana k, godward g, reynolds n, arumugaswamy r, peiris p and kailasapathy k (2000), Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt, //Int J Food Microbiol, 62, 47–55.

110. Audet P., Paquin C., Lacroix C. (1991), 'Effect of medium and temperature of storage on viability of LAB immobilized in κ -carrageenan-locust bean gum gel beads //Biotechnol Tech, 5, 307–312.

111. Doleyres Y., Fliss I., Lacroix C. (2004), Continuous production of mixed lactic starters containing probiotics using immobilized cell technology, //Biotechnol Prog, 20, 145–150.

112. Rao A., Shiwnarain N., Maharaj I. (1989), 'Survival of microencapsulated Bifidobacterium pseudolongum in simulated gastric and intestinal juices //Canadian Inst Food Sci Technol J, 22, 345–349.

113. Favaro-Trindale C., Grosso C. (2002), Microencapsulation of L. acidophilus (La-05) and B. lactis (Bb-12) and evaluation of their survival at the pH values of the stomach and in bile //J Microencapsul, 19, 485–494.

114. King A., (1995), Encapsulation of Food Ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids, in Risch SJ and Reineccius GA, //Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients, ACS Symposium Series 590, Washington DC, American Chemical Society, 26–39.

115. Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л. Иммунизация клеток в гель биополимеров как метод защиты микроорганизмов //Технические науки.- 2012.-с. 116-122.

116. Anal A., Bhopatkar D., Tokura S., Tamura H., Stevens W (2003), Chitosan–alginate multilayer beads for gastric passage and controlled intestinal release of protein //Drug Dev Ind Pharm, 29, 713–724.

117. Mattila-Sandholm t, myllarinen p, crittenden r, mogensen g, fonden r and saarela m (2002), Technological challenges for future probiotic foods //Int Dairy J, 12, 173–182.

118. Talwalkar A., Kailasapathy K., (2003), Effect of microencapsulation on oxygen toxicity in probiotic bacteria //Aust J Dairy Technol, 58, 36–39.

119. Krasaekoopt W., Tandhanskul A. (2008), Sensory and acceptance assessment of yogurt containing probiotic beads in Thailand //KU J (Natural Science), 42, 99–106.

120. Jafari S.M., Assadpoor E., He Y., Bhandari B. (2008), Encapsulation efficiency of food flavors and oils during spray drying //Drying Technol, 26, 816–835.

121. Chavez B., Ledebor A. (2007), Drying of probiotics: optimization of formulation and process to enhance storage survival //Drying Technol, 25,1193–1201

122. O’Riordan K., Andrews D., Buckle K., Conway P. (2001), Evaluation

of microencapsulation of a Bifidobacterium strain with starch as an approach to prolonging viability during storage //J Appl Microbiol, 91, 1059–1066.

123. Lian W., Hsiao H., Chou C. (2002), Survival of bifidobacteria after spray-drying //Int J Food Microbiol, 74, 79–86.

124. Desmond C., Ross R., O’Callaghan E., Fitzgerald G., Stanton C. (2002a), Improved survival of *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 in spray dried powders containing gum acacia //J Appl Microbiol, 93, 1003–1011.

125. Crittenden R., Weerakkody R., Sanguansri L., Augustin M. (2006), Synbiotic microcapsules that enhance microbial viability during nonrefrigerated storage and gastrointestinal transit //Appl Environ Microbiol, 72, 2280–2282.

126. Zhao R., Sun J., Torley P., Wang D., Niu S. (2008), Measurement of particle diameter of *Lactobacillus acidophilus* microcapsule by spray drying and analysis on its microstructure //World J Microbiol Biotechnol, 24, 1349–1354.

127. Ying D., Phoon M., Sanguansri L., Weerakkody R., Burgar I., Augustin M. (2010), Microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG powders: relationship of Powder physical properties to probiotic survival during storage //J food sci, 75, E588–e595.

128. Villa-García M., Pedroza-Islas R., Moreno-Terrazas R., De La Rosa-Miranda M., Martínez-Ferez A. (2010), ‘Polidextrosa, inulina y aguamiel de maguey y su influencia en la sobrevivencia de *Lactobacillus acidophilus* microencapsulado en unamezcla de biopolímeros’, BiopMat-Biopolímeros: fuentes, transformación, producción y aplicaciones innovadoras. Fundación para la Educación Superior Internacional, A. C. Electronic book access: www.fesi.org.mx.

129. Fritzen-Freire C., Prudencio E., Amboni R., Pinto S., Negrao-Murakami A., Murakami F. (2011), Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics //Food Res Int, 45(1), 306–312.

130. Leja K., Dembczynski R., Bialas W., Jankowski T. (2009), Production of dry *Lactobacillus rhamnosus* GG preparations by spray drying and lyophilization in aqueous two-phase system //Acta Sci Pol Technol Aliment, 8(4), 39–49

131. Al C., Al T. (2009), Ultrasonic vs. classical nozzles in probiotics encapsulation applications //XVIIth International Conference on Bioencapsulation, Groningen, Netherlands; September 24–26, 2009. Poster P98 – page 1–4.

132. Oliveira M., Da Silva R., Buzato J., Celligoi M. (2007), Study of levan production by *Zymomonas mobilis* using regional low-cost carbohydrate sources //Biochem Eng J, 37(2), 177–183.

133. Goderska K., Czarnecki Z. (2008), Influence of micro encapsulation and spray drying on the viability of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains //Pol J Microbiol, 57, 135–140.

134. Sohail A., Turner M., Coombes A., Bostrom T., Bhandari B. (2011), Survivability of probiotics encapsulated in alginate gel microbeads using a novel impinging aerosols method //Int J Food Microbiol, 145, 162–168.

135. Morgan C., Herman N., White P., Vesey G. (2006), Preservation of microorganisms by drying: A review //J Microbiol Methods, 66(2), 183–193.

136. Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voilley A., Saurel R. (2007),

Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview //Food Res Int, 40, 1107–1121.

137. Saarela M., Virkajärvi I., Nohynek L., Vaari A., Mättö J. (2006), Fibres as carriers for *Lactobacillus rhamnosus* during freeze-drying and storage in apple juice and chocolate coated breakfast cereals //Int J Food Microbiol, 112(2), 171–178.

138. Bolla P., Serradell M., Urraza P., De Antoni G. (2011), Effect of freeze-drying on viability and in vitro probiotic properties of a mixture of lactic acid bacteria and yeasts isolated from kefir //J Dairy Res, 78, 15–22.

139. De Vos P., Faas M., Spasojevic M., Sikkema J. (2010), Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components //Int Dairy J, 20(4), 292–302.

140. Zuidam N., Shimoni E. (2009), Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to take them', in Zuidam NJ and Nedovic V, Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing //New York, Springer-Verlag, 3–29.

141. Dolly P., Anishaparvin A., Joseph G., Anandharamakrishnan C. (2011), Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (mtcc 5422) by sprayfreeze-drying method and evaluation of survival in simulated gastrointestinal condition //Informa Healthcare, 568–574.

142. Wu Y., Clark R. (2008), Electrohydrodynamic atomization: A versatile process for preparing materials for biomedical applications //J Biomat Sci, Polymer Edition, 19, 573–601.

143. Pimentel-González D., Campos-Montiel R., Lobato-Calleros C., Pedroza-Islas R., Vernon-Carter E. (2009), Encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* in double emulsions formulated with sweet whey as emulsifier and survival in simulated gastrointestinal conditions //Food Res Int, 42, 292–297.

144. Инструкция по эксплуатации растровых электронных микроскопов «JSM-6390LV JEOL». – Япония, 2008.

145. Патент №3202 на полезную модель. Установка для производства капсулированных продуктов //Какимов А.К., Майоров А.А., Ибрагимов Н.К., Какимова Ж.Х., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А., Муратбаев А.М., Солтанбеков Ж.А. - Оpubл.09.10.2018 г.

146. Какимов А.К., Джумажанова М.М., Муратбаев А.М., Жумадилова Г.А. Установка для производства капсулированных продуктов. //Вестник Государственного университета имени Шакарима города Семей. № 2 (86) 2019.- С. 107-110

147. ГОСТ 34372-2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия». - Введ. 2018-09-01.- М.: Стандартиформ, 2018.-31с.

148. Предварительный патент РК, №11236, «Устройство для определения консистенции пищевых продуктов» //Давыдова С.Г., Акимов М.М., Кадырбаев Е.А.; заявитель и патентообладатель: Давыдова С.Г., Оpubл. 15.02.2002, бюл. №2. -4с.

149. Горбатов А.В., Реология мясных и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
150. Какимов А.К., Есимбеков Ж.С., Кабулов Б.Б., Бепеева А.Е. Ротационные вискозиметры брукфильда в исследовании пищевых продуктов// Вестник ГУ имени Шакарима города Семей. - 2015. - №3 (71). – С. 87-91.
151. Лисин П. А. Интегральная оценка сбалансированности продуктов питания // Хранение и переработка сельхозсырья : теоретич. журнал. - 2015. - № 8. - С. 5-11.
152. Лисин П.А., Мусина О.Н., Кистер И.В.,Чернопольская Н. Л. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов // Технические науки.- 2013.-С.53-58
153. A. Kakimov, Zh. Kakimova, M. Jumazhanova, A.Muratbayev, G. Zhumadilova, G. Mirasheva, A. Mayorov. Experimental study of capsules formation using different types of polymers // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences ISSN 1819-6608, Vol. 14, No. 10, May 2019. - p. 1855-1862
154. А.К. Какимов, Ж.Х. Какимова, М.М. Джумажанова, Г.А. Жумадилова, А.М. Муратбаев / Экспериментальное обоснование формирования капсул различными видами полимеров //Вестник Казахского университета технологии и бизнеса ISSN 2663-1830, №1, март 2019. - с. 31-35.
155. Г.А. Жумадилова, А.К. Какимов, Н.К. Ибрагимов, М.М. Джумажанова, А.М. Муратбаев. Режимы работы установки для инкапсулирования // Вестник Алматинского технологического университета ISSN2304-5681, Выпск 2 (123), Алматы 2019. - с. 71-75.
156. Джумажанова М.М., Какимов А.К., Муратбаев А.М. Исследование и обоснование выбора пробиотиков для инкапсулирования/ Материалы XV Международной научно-практической конференции «Научная индустрия европейского континента – 2019» Прага 2019 г., 3-7 с.
157. Бепеева А.Е. Исследование и разработка технологии производства кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками. Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) / - Семей, 2016.- 167с.
158. ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011. Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 3. Руководство по оценке соответствия техническим условиям на продукцию для определения органолептических свойств путем подсчета баллов. М.: Стандартиформ, 2019, 8с.
159. M. Jumazhanova, A. Kakimov, Zh. Kakimova, G. Mirasheva, A. Bereyeva, S.Toleubekova, G.Zhumadilova, Zh.Yessimbekov Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics / Annual Research & Review in Biology 18(1): 1-7, 2017; Article no.ARRB.36079 // ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869, October 2017. - p. 1-7
160. И.М. Скурихина. Химический состав пищевых продуктов. -М.: ВО «Агропромиздат», 1987. -224с.
161. Филипов К.К., Мигалатий Б.С. Себестоимость производства и реализации продукции. Формирование финансовых результатов: методические материалы.- СПб.: СПб ИТМО и НПФ "Надежда", 1992. – 28 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Выписка из приказа

Қазақстан Республикасы
Білім және ғылым министрлігі

«Семей қаласының Шакарім атындағы
мемлекеттік университеті»
Шаруашылық жүргізу құқығындағы
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны



Министерство образования и науки
Республики Казахстан

Республиканское государственное предприятие
на праве хозяйственного ведения
«Государственный университет
имени Шакарима г. Семей»

БҰЙРЫҚТАН КӨШІРМЕ

«01» марта 2017 г.
Семей қаласы

ВЫПИСКА ИЗ ПРИКАЗА

№ 49-д
г. Семей

2.0 заключении договора по совместительству

Заключить трудовой договор о работе по совместительству со следующими преподавателями и сотрудниками:

По грантовой теме МОН РК «Научно-практическое обоснование использования инкапсулированных синбиотических препаратов, обладающих иммуностимулирующей активностью, в производстве молочных продуктов» с 01.03.2017г. по 31.12.2017г.:

КАКИМОВЫМ А.К.	– в качестве руководителя
ЖАРЫКБАСОВОЙ К.С.	– в качестве главного научного сотрудника
КАКИМОВОЙ Ж.Х.	– в качестве старшего научного сотрудника
ПАРИМБЕКОВЫМ З.А.	– в качестве ведущего научного сотрудника
ТОЛЕУБЕКОВОЙ С.С.	– в качестве ведущего научного сотрудника
БЕПЕЕВОЙ А.Е.	– в качестве младшего научного сотрудника
БАЙБАЛИНОВОЙ Г.М.	– в качестве младшего научного сотрудника
ЕСИМБЕКОВЫМ Ж.С.	– в качестве младшего научного сотрудника
МИРАШЕВОЙ Г.О.	– в качестве младшего научного сотрудника
ДЖУМАЖАНОВОЙ М.М.	– в качестве младшего научного сотрудника
ЖУМАДИЛОВОЙ Г.А.	– в качестве младшего научного сотрудника
УТЕГЕНОВОЙ А.О.	– в качестве младшего научного сотрудника
ДЕМЕСИНОВОЙ А.Б.	– в качестве инженера
НАУРЗБАЕВОЙ С.Б.	– в качестве инспектора по кадрам

Основание: заявления преподавателей и сотрудников.

МП

И.о. ректора

ВЫПИСКА ВЕРНА

Б. Агантаева

ДҰРЫС
ПЕБ БАСТЫҒЫ 20__ ж.
ВЕРНО
НАЧАЛЬНИК ОУП 20__ г.

Выписка из приказа

Қазақстан Республикасы
Білім және ғылым министрлігі

«Семей қаласының
Шағарім атындағы мемлекеттік университеті»
Шаруашылық жүргізу құрылымының
Республикалық мемлекеттік кәсіпорны



Министерство образования и науки
Республики Казахстан

Республиканское государственное предприятие
на праве хозяйственного ведения
«Государственный университет имени
Шакарима города Семей»

ВЫПИСКА ИЗ ПРИКАЗА

«01» марта 2017 г.
Семей қаласы

№ 49-л
г. Семей

О заключении договора по совместительству

ДЖУМАЖАНОВОЙ М.М. – с 01.03.2017г. по 31.12.2017г. заключить трудовой договор в качестве младшего научного сотрудника для выполнения работ по грантовой теме МОН РК «Научно-практическое обоснование использования инкапсулированных синбиотических препаратов, обладающих иммуностимулирующей активностью, в производстве молочных продуктов»
Основание: заявление ДЖУМАЖАНОВОЙ М.М.

И.о. ректора

Б. Атангаева



ДҰРЫС	20__ж.
ПББ БАСТЫҒЫ	
БЕРНО	
НАЧАЛЬНИК ОУП	

Отчет по гранту МОН РК

Министерство образования и науки Республики Казахстан
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАКАРИМА ГОРОДА СЕМЕЙ

МРНТИ 65.63.33

УДК 637.138: 637.136:637.146.1:547.458.65: 579.873.13

№ госрегистрации 0115РК01199

Инв. № 0217РК 01324



УТВЕРЖДАЮ

Ректор, докт. вет. наук, профессор

М.Г. Ескендилов

2017 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ СИНБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ
ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ, В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ
ПРОДУКТОВ
(заключительный)

Проректор по науке
и коммерциализации,
PhD, проф.



подпись, дата

С. Шарма

Руководитель работы,
д.т.н., проф.





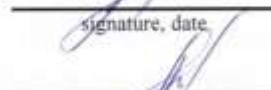

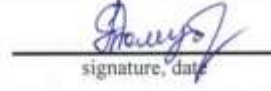

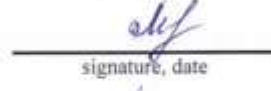






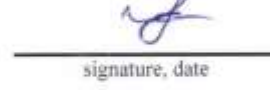
подпись, дата

А.К. Какимов

Семей 2017

Список исполнителей

RESEARCH GROUP MEMBERS

Head of research project, Dr Tech Sci, Professor	 _____ signature, date	A.K. Kakimov (introduction, chapter 2)
Group members		
Chief research scientist, Dr Tech Sci	 _____ signature, date	K.S. Zharykbasova (chapter 1, 2)
Senior research scientist, Cand of Tech Sci	 _____ signature, date	Z.K. Kakimova (chapter 1, 2)
Leading research scientist, Cand of Phys and Math Sci, associate professor	 _____ signature, date	Z.A. Parimbekov (chapter 1)
Leading research scientist, Cand of Tech Sci	 _____ signature, date	S.S. Toleubekova (chapter 1, appendix)
Junior research scientist, Cand of Tech Sci	 _____ signature, date	G.M. Baybalinova (chapter 1, 2.1)
Junior research scientist, Cand of Tech Sci	 _____ signature, date	G.O. Mirasheva (chapter 2, appendix)
Junior research scientist, PhD	 _____ signature, date	A.Y. Bepeyeva (chapter 1, 2)
Junior research scientist, PhD	 _____ signature, date	Z.S. Yessimbekov (chapter 2, conclusion)
Junior research scientist, PhD - student	 _____ signature, date	G.A. Zhumadilova (chapter 2.1)
Junior research scientist, PhD - student	 _____ signature, date	M.M. Jumazhanova (chapter 2.2 appendix)
Junior research scientist, PhD - student	 _____ signature, date	A.O. Utegenova (chapter 2.2)
Engineer	 _____ signature, date	A.B. Demesinova (appendix)
Human Resources Officer	 _____ signature, date	S.B. Naurzbayeva

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Патент №3202 на полезную модель «Установка для производства капсулированных продуктов»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 3202

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

 (21) 2018/0285.2
(22) 24.04.2018
(15) 09.10.2018

(54) Капсула түріндегі азық-түлікті өндіруге арналған қондырғы
Установка для производства капсулированных продуктов
Device for producing encapsulated products

(73) Какимов Айтбек Калиевич (KZ)
Kakimov Aitbek Kalievich (KZ)

(72) Какимов Айтбек Калиевич (KZ) Kakimov Aitbek Kalievich (KZ)
Майоров Александр Альбертович (RU) Maiorov Aleksandr Albertovich (RU)
Ибрагимов Надир Кадирович (KZ) Ibragimov Nadir Kadyrovich (KZ)
Какимова Жайнагуль Хасеновна (KZ) Kakimova Zhainagul Khassenovna (KZ)
Жумадилова Гульмира Амангазыевна (KZ) Zhumadilova Gulmira Amangasyevna (KZ)
Муратбаев Алибек Манарбекович (KZ) Muratbaev Alibek Manarbekovich (KZ)
Джумажанова Мадина Муратовна (KZ) Dzhumazhanova Madina Muratovna (KZ)
Солтанбеков Жунус Айтмурзаевич (KZ) Soltanbekov Zhunus Aitmurzaevich (KZ)





«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Director of RSE «National institute of intellectual property»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**АВТОРДЫҢ КУӘЛІГІ
УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА**

№ 104809

Джумажанова Мадина Муратовна (KZ)

және/и Какимов Айтбек Калиевич (KZ); Майоров Александр Альбертович (RU);
Ибрагимов Надир Кадырович (KZ); Какимова Жайнагуль Хасеновна (KZ); Жумадилова
Гульмира Амангазыевна (KZ); Муратбаев Алибек Манарбекович (KZ); Солтанбеков Жунус
Айтмурзаевич (KZ)

*пайдалы модельдің авторы(лары) болып табылатындығы осымен куәландырылады
является(ются) автором(ами) полезной модели*

(11) 3202

(54) Капсула түріндегі азық-түлікті өндіруге арналған кондырғы
Установка для производства капсулированных продуктов

(73) Какимов Айтбек Калиевич (KZ)



«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директоры
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 3202
(51) A23P 10/30 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2018/0285.2

(22) 24.04.2018

(45) 22.10.2018, бюл. №39

(72) Какимов Айтбек Калиевич (KZ); Майоров Александр Альбертович (RU); Ибрагимов Надир Кадырович (KZ); Какимова Жайнагуль Хасеновна (KZ); Жумадилова Гульмира Амангазыевна (KZ); Мурагбаев Алибек Манарбекович (KZ); Джумажанова Мадина Муратовна (KZ); Солтанбеков Жунус Айтмурзаевич (KZ)

(73) Какимов Айтбек Калиевич (KZ)

(74) Кундызбаев Джумахан Какимович

(56) RU №260702, 25.07.1994

(54) **УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАПСУЛИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ**

(57) Полезная модель предназначена для производства капсул с применением

структурообразующих составов и может быть использована в биотехнологии, химической, пищевой и других отраслях.

Установка содержит емкость для рабочей смеси 1, емкость для моющего раствора 2, кран переключения жидкостей 3, термостат 4, перистальтический насос 5 с двигателем 6, циркуляционный насос 7 с двигателем 8, встряхиватель 9, каплеобразователь 10, емкость для формообразующего раствора 11, емкость для охлаждающего раствора 12, коллектор 13 и блок питания и управления (на фигуре не показан).

Установка обеспечивает получение инкапсулированного продукта разного диаметра, может применяться для выполнения лабораторных исследований.

(19) KZ (13) U (11) 3202

Полезная модель предназначена для производства капсул с применением структурообразующих составов и может быть использована в биотехнологии, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Известны устройства для производства капсулированных продуктов (Патент РФ №2422055, Патент РФ №2150215 и др.)

Наиболее близким техническим решением, взятым нами за прототип, является автоматическая установка для производства гранулированных продуктов (Патент РФ №2060702, МПК А23Р 1/04, А 23 L 1/328), предназначенная для производства гранулированных пищевых продуктов типа рыбной икры. Данная установка может применяться при производстве гранулированных лекарственных препаратов.

Установка состоит из емкости для смеси исходных компонентов, устройства для ее подачи, каплеобразователя, устройства для формирования гранул, выполненного в виде цилиндрического сосуда с приемной воронкой и конусообразным дном, выводного трубопровода, отделителя-накопителя гранул, выполненного в виде сеччатого цилиндра, устройства подачи формирующей жидкости, устройства поддержания температуры формирующей жидкости и центрального пульта управления.

Для получения гранул смесь исходных компонентов заливают в емкость, откуда устройством для ее подачи направляют в каплеобразователь. Образующиеся капли продукта попадают в нагретую до определенной температуры формирующую жидкость и, пройдя через устройство для формирования гранул и выводной трубопровод, претерпевают процесс контролируемой термокоагуляции. Сформированные гранулы попадают в отделитель-накопитель гранул, где отделяются от формирующей жидкости и накапливаются в определенном количестве.

Недостатками устройства по прототипу являются его громоздкость, сложность конструкции, невозможность получить гранулы разного размера и невозможность использования в лабораторных исследованиях.

Задачей полезной модели является разработка несложного устройства для производства капсулированных продуктов, в частности инкапсулированных пробиотиков, позволяющего получить капсулы разного диаметра в лабораторных условиях.

Техническим результатом полезной модели является установка для производства инкапсулированных продуктов, в частности, пробиотиков, позволяющая получить капсулы разного диаметра в лабораторных условиях.

Технический результат достигается за счет того, что установка для производства инкапсулированных продуктов, содержащая емкость для смеси исходных компонентов, устройство для ее подачи, каплеобразователь, устройство для формирования гранул, накопитель гранул, устройство для подачи формирующей жидкости, устройство для

поддержания температуры формирующей жидкости, согласно полезной модели, дополнительно снабжена встряхивателем, емкостью для моющего раствора, краном переключения жидкостей, а каплеобразователь снабжен сменными игольчатыми форсунками.

Наличие в составе установки встряхивателя обеспечивает качественное отделение капель капсулируемого продукта от каплеобразователя и предотвращает слипание капель между собой. Наличие емкости для моющего раствора и крана переключения жидкостей позволяет осуществить промывку установки после окончания работы.

Снабжение каплеобразователя сменными игольчатыми форсунками позволяет получить капсулы разного диаметра.

На фигуре приведена схема установки.

Установка для производства капсулированных продуктов (см. фигуру) содержит емкость для рабочей смеси 1, емкость для моющего раствора 2, кран переключения жидкостей 3, термостат 4, перистальтический насос 5 с двигателем 6, циркуляционный насос 7 с двигателем 8, встряхиватель 9, каплеобразователь 10, емкость для формирующего раствора 11, емкость для охлаждающего раствора 12, коллектор 13 и блок питания и управления (на фигуре не показан).

Установка работает следующим образом.

В емкость 1 заливают рабочую смесь, подлежащую капсулированию.

Емкость 2 заполняют водой или моющим раствором.

Кран переключения жидкостей 3 устанавливают на подачу воды и включают перистальтический насос 5. Устанавливают нужную скорость подачи.

В емкость для формирующего раствора 11 заливают охлажденный до 6-8 °С раствор хлористого кальция. Устанавливают заданный уровень охлаждающего раствора в емкости.

Включают циркуляционный насос 7.

Переключают кран 3 на подачу рабочей смеси на капсулирование и проводят капсулирование.

При этом рабочую смесь через кран 3 подают в термостат 4, где происходит подогрев и поддержание температуры раствора. Подогретую рабочую смесь перистальтическим насосом 5, снабженным двигателем 6, подают в коллектор 13, снабженный каплеобразователем 10 с двенадцатью игольчатыми форсунками, в которых происходит образование капсул в виде капель. Для обеспечения стабильного отрыва формируемых капель от форсунок коллектор снабжен встряхивателем 9.

Образовавшиеся капсулы в виде капель падают в емкость для формирующего раствора 11.

Синхронизация работы перистальтического насоса 5 и встряхивателя 9 обеспечивается синхронизирующим датчиком (герконом), установленным на корпусе перистальтического насоса (на фигуре не показан). Датчик расположен с возможностью изменения угла поворота относительно положения ротора насоса. Ротор перистальтического насоса имеет три ролика, расположенных под 120° по отношению друг к

другу и три постоянных магнита, обеспечивающих срабатывание геркона в нужном положении ротора. Таким образом, за один оборот ротора происходит три срабатывания встряхивателя 9, при котором формируется 36 капсул.

Высота падения капель в формообразующий раствор устанавливается в начале эксперимента и должна составлять от 10 мм до 50 мм (уточняется экспериментально).

Положение заборной и выходной трубок циркуляционного насоса 7, устанавливают таким образом, чтобы обеспечивать равномерное циркулирование формообразующей жидкости.

Производительность перистальтического насоса 5, а также интенсивность вибрации встряхивателя 9 и производительность циркуляционного насоса 7 регулируются с блока питания и управления (не показан).

По завершении работы, переключают кран 3 на подачу моющего раствора и производят промывание системы.

Для получения инкапсулированного продукта в емкость 1 заливают рабочую смесь, подлежащую капсулированию, а в емкость 2 - воду или моющий раствор.

Кран переключения жидкостей 3 устанавливают на подачу воды и включают перистальтический насос 5, т.е. осуществляют подачу рабочего раствора.

Заливают охлажденный раствор хлористого кальция в емкость 11 для формообразующего раствора.

Включают циркуляционный насос, переключают кран на подачу рабочей смеси на инкапсулирование и проводят капсулирование.

Пример осуществления полезной модели.

Для получения инкапсулированного продукта в емкость 1 заливают рабочую смесь, включающую желатин, альгинат натрия и пробиотик, подлежащий капсулированию, а в емкость 2 заливают воду.

Кран переключения жидкостей 3 устанавливают на подачу воды и включают перистальтический насос 5. Устанавливают нужную скорость подачи.

В емкость 11 заливают охлажденный раствор хлористого кальция. Устанавливают заданный уровень раствора в емкости.

Включают циркуляционный насос 7, переключают кран 3 на подачу рабочей смеси на инкапсулирование.

Рабочую смесь через кран 3 подают в термостат 4, где происходит подогрев и поддержание температуры раствора в пределах 45-50°C. Подогретую рабочую смесь перистальтическим

насосом 5, снабженным двигателем 6, подают в коллектор 13, снабженный каплеобразователем 10 с двенадцатью съемными игольчатыми форсунками, в которых происходит образование капсул в виде капель. Встряхиватель 9 обеспечивает стабильный отрыв формируемых капель от форсунок каплеобразователя 10.

Образовавшиеся капли падают в емкость для формообразующего раствора 11 с хлористым кальцием с температурой 6-8 °С. При этом в результате химической реакции образуется альгинат кальция, капли рабочего раствора обволакиваются альгинатом кальция, который образует оболочку капсулы и затвердевает в холодной среде формообразующего раствора (хлористого кальция) и таким образом осуществляется процесс капсулирования исходного пробиотика. Высота падения капель в формообразующий раствор составляет от 10 мм до 50 мм.

По завершении работы, в емкость 2 заливают моющий раствор, переключают кран 3 на подачу моющего раствора и производят промывание системы. Промывку осуществляют объемом моющего раствора не менее 300 мл с последующей промывкой дезинфицирующим раствором и ополаскиванием дистиллированной водой.

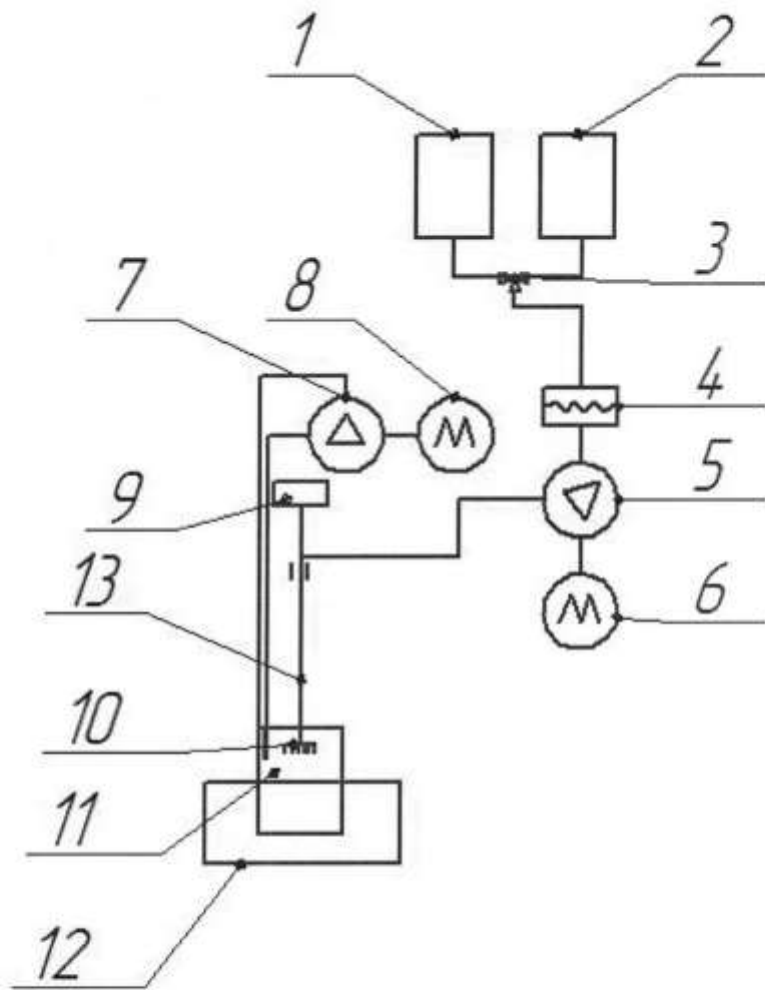
Таким образом, предложенная установка позволяет получать капсулы заданных размеров и толщины оболочки, высокого качества и осуществлять их визуальный контроль.

Установка обеспечивает получение инкапсулированного продукта разного диаметра, может применяться для выполнения лабораторных исследований.

Установка также обеспечивает удобную сборку, разборку и обслуживание его узлов, точное регулирование параметров, определяющих процесс капсулирования.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Установка для производства инкапсулированных продуктов, содержащая емкость для смеси исходных компонентов, устройство для ее подачи, каплеобразователь, устройство для формирования гранул, накопитель гранул, устройство для подачи формообразующей жидкости, отличающаяся тем, что установка дополнительно снабжена встряхивателем, системой мойки установки и краном переключения жидкостей, а каплеобразователь снабжен съемными игольчатыми форсунками.



Фиг. 1

Верстка З. Абылкасымова
 Корректор Ф. Сопакова

ПРИЛОЖЕНИЕ В Протокол испытаний



Испытательная региональная лаборатория инженерного профиля
«Научный центр радиэкологических исследований» ГУ им.Шакарима г.Семей
071412, г. Семей, ул. Физкультурная 4 «А»

Идентификационный номер ИРЛИП НЦРЭИ: 07-4

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 827 от «12» апреля 2017 г.

Всего листов 3
лист 1 из 3

- 1 Наименование образца продукции: Капсула
- 2 Заказчик: Жумадилова Г., Джумажанова М.
- 3 Заявка: № 541 от «07» апреля 2017 г.
- 4 Обозначение НД на продукцию:
- 5 Вид испытаний: Рентгеноспектральный анализ
- 6 Дата получения образца: «07» апреля 2017 г.
- 7 Дата проведения испытаний: «11» апреля 2017 г.
- 8 НД на метод испытаний: DanielPiz, 1969. JosephI, Goldstein, 1981.
- 9 Испытания проведены при температуре помещения 21,3 °С, влажности не более 68 %

№ п/п	№ пробы	Дата отбора проб	Наименование проб	Место отбора проб	Кол. снимков	Хим. состав, %
1	2843	07.04.17	Капсула №1	Лаб.образец	2	-
2	2844	07.04.17	Капсула №2	Лаб.образец	2	-
3	2845	07.04.17	Капсула №3	Лаб.образец	2	-
4	2846	07.04.17	Капсула №4	Лаб.образец	2	-
5	2847	07.04.17	Капсула №5	Лаб.образец	2	-

Ответственный за оформление протокола:

Д.Е.Иминова Д.Е.Иминова

Исполнитель:

Н.К.Ибрагимов Н.К.Ибрагимов

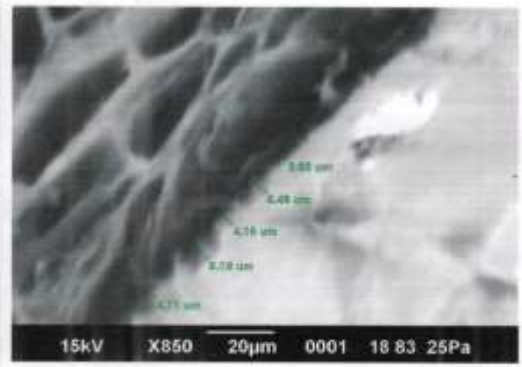
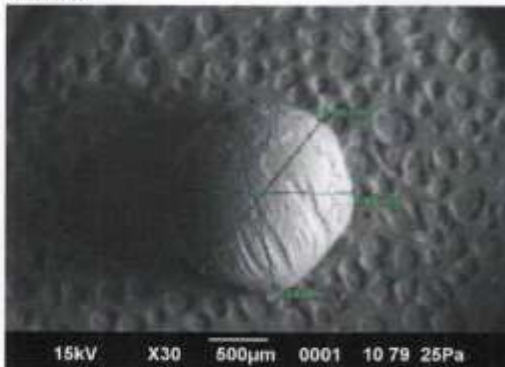
Руководитель ИРЛИП НЦРЭИ:

С.Т.Дюсембаев С.Т.Дюсембаев

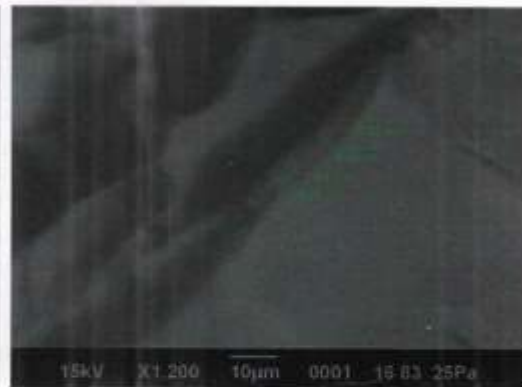
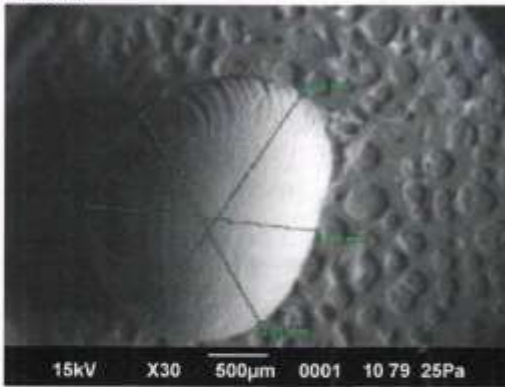


Перепечатка настоящего протокола (полная или частичная) без разрешения ИРЛИП НЦРЭИ запрещена

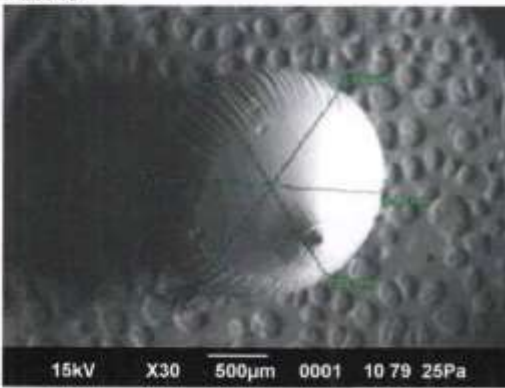
№2843



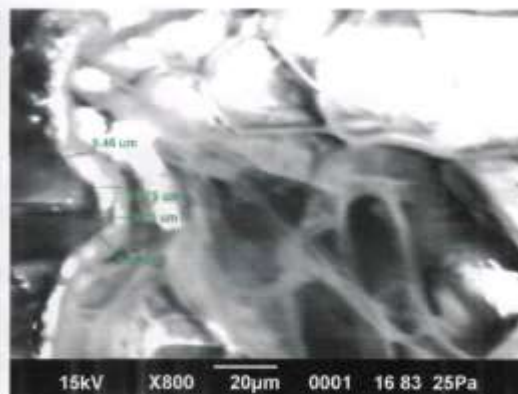
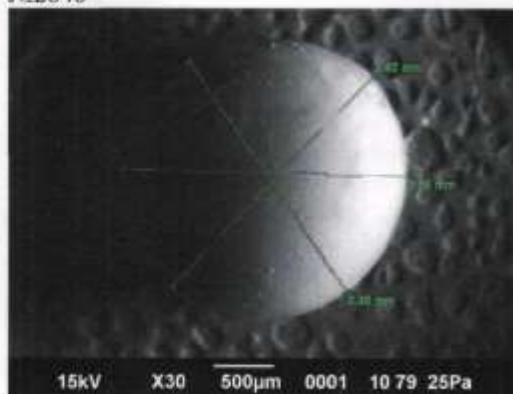
№2844



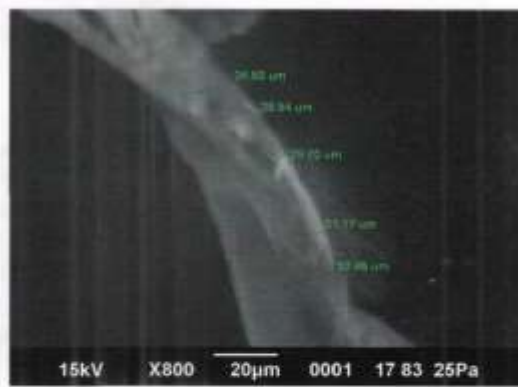
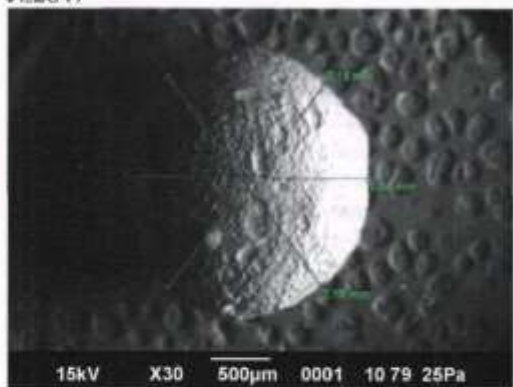
№2845



№2846



№2847



ПРИЛОЖЕНИЕ Г Протокол испытаний

Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
071410, г. Семей, ул. Байтурсынова 29

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 255 от «27» апреля 2019 г.

всего листов 1
лист 1 из 1

- 1 Наименование образца продукции: Питевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
- 2 Заказчик: Джумажанова М.М.
- 3 Заявка: № 245 «25» апреля 2019 г.
- 4 Вид испытаний: Микробиологическое исследование
- 5 Дата получения образца: «25» апреля 2019 г.
- 6 Дата проведения испытания: «27» апреля 2019 г.
- 7 Обозначение НД на продукцию:
- 8 НД на метод испытаний: ГОСТ 9225-84

Результаты испытаний

№	Наименование показателя	Ед. изм	Значения характеристик	
			при испытаниях	по НД
Микробиологические показатели:				
1	Микроорганизмы-зубиотики	КОЕ/г	$1 \cdot 10^9$	не менее $1 \cdot 10^7$
2	БГКП (колиформные) в $0,01 \text{ см}^3$	КОЕ	не обнаружено	не допускается
3	Плесени	КОЕ/г	менее 1	10
4	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. Сальмонеллы в 25 см^3	КОЕ	не обнаружено	не допускается
5	St.aureus $1,0 \text{ см}^3$	КОЕ	не обнаружено	не допускается

Директор СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»



А.К. Суйчинов

Перепечатка настоящего протокола (полная или частичная) без разрешения СФ ТОО «КНИИПП» запрещена

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Протокол исследований



KZ.И.02.0043

Испытательная лаборатория ТОО «НУТРИТЕСТ»

Республика Казахстан, 050008, г. Алматы, ул. Ключкова, 66
 телефон/факс: (727) 375 82 23, (727) 375 00 34

Аттестат аккредитации № KZ.И.02.0043 от 08 февраля 2016 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 2/1338 от «25» июня 2017 г.

Всего страниц 2

Страница 1

Дата поступления в лабораторию: 13.07.2017 г.

Наименование и адрес заявителя: ГУ им. Шакарима г. Семей

Наименование и обозначение испытываемого образца: Кисломолочный продукт с нипакасулированными пробиотиками

Обозначение НД на продукцию: ТР ТС 033/2013, прил. Реш. Совета ЕЭК от 09.10.2013г. № 67, Приложение 4; Приложение 8, п. 8; ТР ТС 021/2011, утв. Реш. КТС от 09.12.2011г. № 880, Приложение 3, п. 2

Условия проведения испытаний: Температура 21-23 °С; влажность 68-74 %

Наименование показателей, единицы измерений	Допустимые нормы по НД	Фактически получено	Обозначение НД на методы испытаний
1	2	3	4
Антибиотики, мг/кг(л):			
Левомецетин (хлорамфеникол)	Не доп. (менее 0,0003)	Не обн.	МУК 4.1.1912-2004
Тетрациклиновая гр.	Не доп. (менее 0,01)	0,002	МУК 4.1.2158-2007
Стрептомицин	Не доп. (менее 0,2)	Не обн.	МУК 4.2.026-95
Пенициллин	Не доп. (менее 0,004)	0,001	ГОСТ Р 52842-2007
Микробиологические:			
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г(см ³), не менее	1x10 ⁷	1x10 ⁷	ГОСТ 10444.11-2013
БГКП (колиформы), в 0,1 г(см ³)	Не доп.	Не обн.	ГОСТ 31747-2012
St.aureus, в 1,0 г(см ³)	Не доп.	Не обн.	ГОСТ 30347-97
Токсичные элементы, мг/кг, не более:			
Свинец	0,1	0,014	ГОСТ 30178-96
Кадмий	0,03	0,0004	ГОСТ 30178-96
Мышьяк	0,05	0,0039	ГОСТ 31266-2004
Ртуть	0,005	Не обн.	ГОСТ 26927-86
Олово	200	2,21	ГОСТ 26935-86
Физико-химические:			
Кислотность, °Т	-	95	ГОСТ 3624-92
Содержание витаминов, в 100 г:			
В ₁ (тиамин), мг	-	0,042±0,004	ГОСТ EN 14122-2013
В ₂ (рибофлавин), мг	-	0,213±0,021	ГОСТ EN 14152-2013
В ₃ – РР (ниацин), мг	-	0,186±0,0019	ГОСТ 7047-55, р. VIII
В ₅ (пантотеновая кислота), мг	-	0,432±0,043	МВИ МН 3008-2008
В ₆ (пиридоксин), мг	-	0,086±0,009	Р 4.1.1672-2003, р. I, п. 2
В ₉ Фолиевая кислота, мкг	-	8,4±0,84	МВИ МН 2146-2004
С (аскорбиновая кислота), мг	-	0,634±0,063	ГОСТ Р EN 14130-2010
А (ретинол), мг	-	0,054±0,005	ГОСТ Р 54635-2011
Е (токоферол), мг	-	0,037±0,004	ГОСТ EN 12822-2014
Д ₃ (кальциферол), мкг	-	1,9±0,19	ГОСТ EN 12821-2014
Минеральные вещества, в 100 г:			
Кальций, мг	-	250±50	Р 4.1.1672-2003, р. II, п. 3
Магний, мг	-	Не обн.	Р 4.1.1672-2003, р. II, п. 3
Железо, мг	-	3,24±0,65	ГОСТ 26928-86
Цинк, мг	-	0,467±0,042	ГОСТ 30178-96
Медь, мг	-	0,046±0,0074	ГОСТ 30178-96
Аминокислоты, мг/100 г:			
Аспарагиновая кислота	-	189,57±19,0	МВИ.МН 1363-2000
Глутаминовая кислота	-	440,59±44,1	МВИ.МН 1363-2000
Серин	-	161,00±16,1	МВИ.МН 1363-2000

Наименование показателей, единицы измерений	Допустимые нормы по НД	Фактически получено	Обозначение НД на методы испытаний
1	2	3	4
Гистидин	-	77,90±7,8	МВИ.МН 1363-2000
Глицин	-	40,68±4,1	МВИ.МН 1363-2000
Треонин	-	132,44±13,2	МВИ.МН 1363-2000
Аргинин	-	105,60±10,6	МВИ.МН 1363-2000
Аланин	-	84,83±8,5	МВИ.МН 1363-2000
Тирозин	-	159,27±15,9	МВИ.МН 1363-2000
Цистин	-	22,51±2,3	МВИ.МН 1363-2000
Валин	-	165,33±16,5	МВИ.МН 1363-2000
Метионин	-	71,84±7,2	МВИ.МН 1363-2000
Фенилаланин	-	151,48±15,1	МВИ.МН 1363-2000
Лейцин	-	244,96±24,5	МВИ.МН 1363-2000
Изолейцин	-	163,60±16,4	МВИ.МН 1363-2000
Лизин	-	225,92±22,6	МВИ.МН 1363-2000
Триптофан	-	43,28±4,3	МВИ.МН 1363-2000
Пролин	-	240,64±24,1	МВИ.МН 1363-2000
Итого	-	2721,45±272,1	МВИ.МН 1363-2000
Жирно-кислотный состав, %:			
Насыщенные ЖК, в т.ч.:	-	34,983	ГОСТ 32915-2014
C _{4:0} масляная	-	0,923	ГОСТ 32915-2014
C _{6:0} капроновая	-	0,656	ГОСТ 32915-2014
C _{8:0} каприловая	-	0,433	ГОСТ 32915-2014
C _{10:0} каприновая	-	0,915	ГОСТ 32915-2014
C _{12:0} лауриновая	-	1,017	ГОСТ 32915-2014
C _{14:0} миристиновая	-	3,860	ГОСТ 32915-2014
C _{15:0} пентадекановая	-	0,479	ГОСТ 32915-2014
C _{16:0} пальмитиновая	-	14,752	ГОСТ 32915-2014
C _{17:0} маргаритиновая	-	0,337	ГОСТ 32915-2014
C _{18:0} стеариновая	-	10,316	ГОСТ 32915-2014
C _{20:0} арахидиновая	-	0,849	ГОСТ 32915-2014
C _{21:0} трикозановая	-	0,360	ГОСТ 32915-2014
C _{24:0} лигноцеридиновая	-	0,084	ГОСТ 32915-2014
Мононенасыщенные ЖК, в т.ч.:	-	61,028	ГОСТ 32915-2014
C _{14:1} миристолеиновая	-	0,283	ГОСТ 32915-2014
C _{15:1} пентадеценивая	-	0,112	ГОСТ 32915-2014
C _{16:1} пальмитолеиновая	-	0,395	ГОСТ 32915-2014
C _{17:1} маргаритолеиновая	-	0,123	ГОСТ 32915-2014
C _{18:1n-7} октадеценивая, мкг/мл	-	1,128	ГОСТ 32915-2014
C _{18:1n-7} олеиновая	-	58,988	ГОСТ 32915-2014
Полиненасыщенные ЖК, в т.ч.:	-	3,989	ГОСТ 32915-2014
C _{18:2n-6} линолендиновая	-	1,913	ГОСТ 32915-2014
C _{18:2n-6} линолевая	-	0,613	ГОСТ 32915-2014
C _{18:3n-3} γ-линоленовая	-	0,482	ГОСТ 32915-2014
C _{18:3n-3} линоленовая	-	0,404	ГОСТ 32915-2014
C _{20:4n-6} арахидиновая	-	0,178	ГОСТ 32915-2014
C _{20:5n-3} эйкозапентаеновая	-	0,070	ГОСТ 32915-2014
C _{22:6n-3} докозагексаеновая	-	0,330	ГОСТ 32915-2014
Сумма жирных кислот	-	100,0	ГОСТ 32915-2014

Исполнители:

И. Клипина
А. Шамшиманова
У. Отемуратова
А. Устинов
А. Изат

Заведующая ИЛ

А. Шарипбаева

Протокол оформила

М. Именова

Полученные результаты распространяются только на образец, подвергнутый испытаниям

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Акт промышленной апробации

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАКАРИМА Г. СЕМЕЙ

УТВЕРЖДАЮ
Ректор РГГУ на ПХВ
Государственный университет
Имени Шакарима города Семей»
М.Г. Ескендиров
2019 год



АКТ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ

Комиссия в составе: Директора крестьянского хозяйства «Каликанұлы» Каликова М.К., главного технолога крестьянского хозяйства «Каликанұлы» – Даулетина Р.Б., руководителя «Бюро патентов и зарубежных публикаций» ГУ им. Шакарима г. Семей, д.т.н., профессора - Амирханова К.Ж., декана факультета дальнейшего образования ГУ им. Шакарима г. Семей, д.т.н., профессора - Какимова А.К., зам. декана ИТФ ГУ имени Шакарима г. Семей - Байбалиновой Г.М., заведующей кафедрой «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.б.н. Молдабаевой Ж.К., заведующей кафедрой «Стандартизация и биотехнология» ГУ им. Шакарима г.Семей, к.т.н. Какимовой Ж.Х., заведующий кафедрой «Технологическое оборудование и машиностроение» ГУ им. Шакарима г. Семей, PhD доктор Тохтаров Ж.Х., и.о.доцента, к.т.н. кафедры «Стандартизация и биотехнология» ГУ им. Шакарима г.Семей - Мирашевой Г.О., PhD докторанта специальности 6D072700 «Технология продовольственных продуктов» Джумажановой М.М., PhD докторанта специальности 6D072400 «Технологические машины и оборудование» Жумадилова Г.А., составили настоящий акт о том, что в молочном цехе КХ «Каликанұлы» были проведены производственное апробирование, внедрение технологии и дегустация питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

Опытная партия вырабатывалась 19 июня 2019 г.

На дегустацию был представлен питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками.

Продукт вырабатывали по рецептуре:

Таблица 1 - Рецептура на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками (на 1000 кг без учета потерь, в кг)

Сырье и основные материалы	Расход, кг
Молоко с массовой долей жира 2,0%	860-880
Закваска	50,0
Вкусовая добавка	25-35

Инкапсулированные пробиотики	40-50
Итого:	1000

Дегустационная комиссия провела оценку физико-химических и органолептических показателей (Таблица 2,3).

Таблица 2 - Физико-химические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Показатели
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,2±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	9,5
Кислотность: активная (рН)	4,5-5,0
Титруемая (°Т)	80-85
Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	4±2

Таблица 3 - Органолептические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Однородная, жидкая, вязкая. С присутствием капсул диаметром 2- 3 мм
Вкус и запах	Приятный, кисломолочный, в меру сладкий вкус с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов
Цвет	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов

Выводы: На основании обобщения результатов дегустации, комиссия отметила, что продукт имеет кисломолочный вкус, обладает вышеприведенными физико – химическими показателями, гармоничным сочетанием органолептических свойств, широким спектром питательных веществ и характеризуется повышенными пробиотическими свойствами.

Таким образом, продукт может быть рекомендован для широкого потребления.

Производство данного вида продукта не требует капитальных вложений, и может осуществляться в условиях молочных предприятий.

Директор КХ «Каликанулы»



Каликов М. К.

Главный технолог КХ «Каликанулы»

Даулетина Р.Б.

Руководитель «Бюро патентов и зарубежных публикаций» ГУ им. Шакарима г. Семей, д.т.н., профессор



Амирханов К.Ж

Декан факультета дальнейшего образования ГУ имени Шакарима г. Семей, д.т.н., профессор



Какимов А.К.

Зам. декана ИТФ ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н.



Байбалинова Г.М.

Зав. кафедрой «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.б.н.



Молдабаева Ж.К.

Зав. кафедрой «Стандартизация и биотехнология» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н.



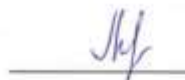
Какимова Ж.Х.

Зав. кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение» ГУ им. Шакарима г. Семей, PhD доктор



Тохтаров Ж.Х.

И.о. доцента кафедры «Стандартизация и биотехнология» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н.



Мирасева Г.О.

PhD докторант специальности 6D072700 «Технология продовольственных продуктов»



Джумажанова М.М.

PhD докторант специальности 6D072400 «Технологические машины и оборудование»



Жумадилова Г.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Протокол дегустации

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени ШАКАРИМА
ГОРОДА СЕМЕЙ
Инженерно-технологический факультет
Кафедра: Технология пищевых продуктов и изделий легкой
промышленности

ПРОТОКОЛ ДЕГУСТАЦИИ

От «22» апреля 2019 г,

Мы, нижеподписавшиеся: Руководитель «Бюро патентов и зарубежных публикаций» ГУ им. Шакарима г. Семей, д.т.н., профессор - Амирханов К.Ж., декан факультета дальнейшего образования ГУ имени Шакарима г. Семей, д.т.н., профессор - Какимов А.К., зам. декана инженерно-технологического факультета ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н. Байбалинова Г.М., заведующая кафедрой «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности» ГУ им. Шакарима г.Семей, к.б.н. Молдабаева Ж.К., заведующая кафедрой «Стандартизация и биотехнология» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н. Какимова Ж.Х., и.о. доцента кафедры «Стандартизация и биотехнология», к.т.н. Миращева Г.О., заведующий кафедрой «Технологическое оборудование и машиностроение» ГУ им. Шакарима г. Семей, PhD доктор Тохтаров Ж.Х., и.о. доцента кафедры «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности» ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н., Касымов С.К. провели дегустацию питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками.

Продукт вырабатывали по рецептуре:

Таблица 1 - Рецепт на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками (на 1000 кг без учета потерь, в кг)

Сырье и основные материалы	Расход, кг
Молоко с массовой долей жира 2,0%	860-880
Закваска	50,0
Вкусовая добавка	25-35
Инкапсулированные пробиотики	40-50
Итого:	1000

Дегустационная комиссия провела оценку физико-химических и органолептических показателей (Таблица 2,3).

Таблица 2 - Физико-химические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Показатели
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,2±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	9,5
Кислотность: активная (pH)	4,5-5,0
Титруемая (°Т)	80-85
Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	4±2

Таблица 3 - Органолептические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Однородная, жидкая, вязкая. С присутствием капсул диаметром 2- 3 мм
Вкус и запах	Приятный, кисломолочный, в меру сладкий вкус с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов
Цвет	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов

Выводы: На основании обобщения результатов дегустации, комиссия отметила, что продукт имеет кисломолочный вкус, обладает вышеприведенными физико – химическими показателями, гармоничным сочетанием органолептических свойств, широким спектром питательных веществ и характеризуется повышенными пробиотическими свойствами.

Таким образом, продукт может быть рекомендован для широкого потребления.

Подписи присутствующих:

Руководитель «Бюро патентов и
зарубежных публикаций» ГУ им.
Шакарима г.Семей, д.т.н., профессор



Амирханов К.Ж

Декан факультета дальнейшего
образования ГУ имени Шакарима г.
Семей, д.т.н., профессор



Какимов А.К.

Зам. декана ИТФ ГУ им. Шакарима
г.Семей, к.т.н.



Байбалинова Г.М.

Зав.кафедрой «Технология пищевых
продуктов и изделий легкой
промышленности» ГУ им. Шакарима
г. Семей , к.б.н.



Молдабаева Ж.К.

Зав.кафедрой «Стандартизация и
биотехнология» ГУ им. Шакарима г.
Семей , к.т.н.



Какимова Ж.Х.

Зав. кафедры «Технологическое
оборудование и машиностроение» ГУ
им. Шакарима г. Семей, PhD доктор



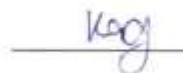
Тохтаров Ж.Х.

И.о.доцента кафедры
«Стандартизация и биотехнология»
ГУ им. Шакарима г. Семей, к.т.н.



Мирашева Г.О.

И.о.доцента кафедры «Технология
пищевых продуктов и изделий легкой
промышленности» ГУ им. Шакарима
г. Семей



Касымов С.К.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Акт промышленной апробации

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАКАРИМА Г. СЕМЕЙ

УТВЕРЖДАЮ
Ректор РГГУ на ЦХВ
«Государственный университет
имени Шакарима города Семей»
М.Г. Ескендилов
2019 год



АКТ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ

Комиссия в составе: Директор Семейского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», PhD, А.К. Суйчинов; главный инженер Семейского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» - К.М. Смагулов; старший научный сотрудник лаборатории «Технология молока и молочной продукции» Семейского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» - З.Т. Смагулова; декан факультета дальнейшего образования ГУ имени Шакарима города Семей, д.т.н., профессор - А.К. Какимов; заведующий кафедрой «Технологическое оборудование и машиностроение», PhD, Тохтаров Ж.Х.; и.о. ассоциированного профессора кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение», к.т.н. - Н.К. Ибрагимов; PhD докторант специальности 6D072700 – «Технология продовольственных продуктов» - М.М. Джумажанова, составили настоящий акт о том, что в результате проведения научно-исследовательской работы на тему «Разработка технологии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами» на базе лаборатории СФ ТОО «КазНИИППП» проведена производственная апробация установки для получения капсул. Опытная партия капсул в количестве 380 г выработана 20 мая 2019 года.

В состав капсул входит альгинат 1%, желатин 1%, пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii*, вода дистиллированная. Температура водного раствора термотопного гелеобразователя составляла 40°C, температура формообразующей жидкости составляла 4°C.

Производственное апробирование установки для получения капсул показало, что качество полученных капсул, геометрические размеры и форма удовлетворяют требованиям, предъявляемым к продукции техническим заданием.

Добавление пробиотиков в состав капсул не влияет на органолептические показатели готового продукта. По физико-химическим показателям опытные образцы соответствуют требованиям нормативных документов.

Технические показатели установки внесены в таблицу 1:

Таблица 1. Технические показатели установки для получения капсул

Наименование показателя	Характеристика и технические показатели
Производительность установки, кг/ч	0,78
Масса рабочей жидкости, г	380
Продолжительность опыта, мин	30
Частота вращения перистальтического насоса, об/мин	от 20 до 80
Частота встряхивателя, раз/мин	От 60 до 240
Геометрические характеристики	
Вес капсулы, г	от 0,0062 до 0,0093
Количество капсул, шт/мин	от 360 до 1470
Диаметр капсулы, мм	от 2,3 до 3,1
Диаметр инжектора, мм	0,65
Количество инжекторов в установке, шт	34
Геометрические параметры установки:	без блока питания
Длина, мм	340
Ширина, мм	430
Высота, мм	645

По результатам апробации комиссия отмечает, что данная установка может быть рекомендована для проведения научных исследований в лабораторных условиях и при получении экспериментальных партий продукта в производственных условиях на предприятиях пищевой промышленности.


Установка для получения капсул не требует больших капитальных вложений.

Директор СФ ТОО «КазНИИППП»  Суйчинов А.К.

Главный инженер СФ ТОО «КазНИИППП»  Смагулов К.М.

Старший научный сотрудник лаборатории «Технология молока и молочной продукции» СФ ТОО «КазНИИППП»  Смагулова З.Т.

Декан ФДО ГУ им. Шакарима г.Семей, д.т.н., профессор  Какимов А.К.

Зав.кафедрой «Технологическое оборудование и машиностроение», PhD  Тохтаров Ж.Х.

И.о. ассоциир. проф. кафедры «Технологическое *ИИИ* оборудование и машиностроение», к.т.н. Ибрагимов Н.К.

PhD докторант специальности 6D072700 - *М.М.* Джумажанова М.М.
«Технология продовольственных продуктов»

ПРИЛОЖЕНИЕ К Стандарт организации

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
РГП на ПХВ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ШАКАРИМА ГОРОДА СЕМЕЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Ректор РГП на ПХВ
«Государственный университет
имени Шакарима города Семей»
М.Г. Ескендиров
2019 год



Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019
(вводится впервые)

Срок действия с 1 мая 2019 года
до 1 мая 2024 года

Держатель подлинника
РГП на ПХВ «Государственный
университет имени Шакарима
города Семей»
071412, ВКО, г. Семей
ул. Глиники, 20 А
тел. 8(7222) 35-95-49

Разработано
РГП на ПХВ «Государственный
университет имени Шакарима
города Семей»

А.К. Какимов

Ж.Х. Какимова

М.М. Джумажанова
«22» 05 2019 год

Семей
2019

1 Область применения

Настоящий стандарт организации распространяется на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками, выработанный из молока коровьего, фруктово-ягодного сиропа, закваски для питьевых йогуртов, с добавлением инкапсулированных пробиотиков с целью получения продукта с повышенными пробиотическими свойствами. Требования настоящего стандарта организации являются обязательными. Стандарт организации пригоден для целей сертификации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 17164-71 Молочная промышленность. Производство цельномолочных продуктов из коровьего молока. Термины и определения.

ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу.

ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

ГОСТ 3625-84 Молоко и молочные продукты. Метод определения плотности.

ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества.

ГОСТ 9225-84 Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа.

ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов.

ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 3.

ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.

ГОСТ 32901-2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа.

ГОСТ 26670-91 Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов.

ГОСТ 34372-2017 Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия.

ГОСТ 26754-85 Молоко. Метод измерения температуры.

ГОСТ 26781-85 Молоко. Метод измерения pH.

ГОСТ 28283 – 89 Молоко коровье. Метод органолептической оценки запаха и вкуса.

ГОСТ 30347-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения *Staphylococcus aureus*.

СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019

ГОСТ 30518-97 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

ГОСТ 30519-97 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода *Salmonella*.

ISO 2446:2008 (IDF 226: 2008) Молоко. Метод определения жирности.

ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного Союза от 9 декабря 2011 г. № 880.

ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67.

3 Технические требования

3.1 Питевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками (далее продукт) должен вырабатываться в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации по технологической инструкции и рецептуре с соблюдением санитарных норм и правил, для молочной промышленности, утвержденных в установленном порядке нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

3.2 Характеристики

3.2.1 Питевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками вырабатывается из пастеризованного коровьего молока, вкусовой добавки (фруктово-ягодного сиропа), закваски для питьевых йогуртов, с добавлением инкапсулированных пробиотиков.

3.2.2 По органолептическим показателям должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 1,

Таблица 1 Органолептические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Характеристика кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками
Внешний вид и консистенция	Однородная, густая. С присутствием капсул диаметром 2- 3 мм
Вкус и аромат	Приятный, кисломолочный, в меру сладкий вкус с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов
Цвет	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов

3.2.3 По физико-химическим показателям должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 2.

Таблица 2 Физико-химические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Показатели
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,6±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	14,1
Кислотность: активная (рН)	4,5-5,0
Титруемая (°Т)	85-95
Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	4±2

3.2.4 Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками по пищевой и энергетической ценности должен соответствовать требованиям, указанным в приложении А.

3.2.5 По микробиологическим показателям и показателям безопасности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.

3.2.6 Таблица 3 Микробиологические показатели и показатели безопасности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Допустимые уровни
1	2
Токсичные элементы, мг/кг, не более	
Свинец	0,02
Кадмий	0,02
Мышьяк	0,05
Ртуть	0,005
Микотоксины, мг\кг, не более	
Афлатоксин М ₁	Не допускается
Пестициды, мг/кг:	
Альфа, бета, гамма - изомеры ГХЦГ	0,02
ДДТ и его метаболиты	0,01
Гептахлор	Не допускается
Алдрин	Не допускается
Микроорганизмы - эубиотики, КОЕ/г, не менее	1 · 10 ⁷
БГКП (колиформы) в 0,01 см ³	Не допускаются
Радионуклиды, Бк/л, не более	
Цезий-137	40,00
Стронций - 90	25,00
Антибиотики, мг\кг, не более	

СТ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019

Левомецитин	Не допускаются
Тетрациклиновая группа	Не допускаются
Стрептомицин	Не допускаются
Пенициллин	Не допускаются
Патогенные, в т.ч.:	
Сальмонеллы в 25 см ³	Не допускаются
St. aureus 1,0 см ³	Не допускаются
Плесени, КОЕ/см ³ (г), не более	Не допускаются
Дрожжи, КОЕ/ см ³ (г), не более	Не допускаются

3.3 Требования к сырью и материалам

3.3.1 Для производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками применяется следующее сырье и материалы:

- молоко коровье с массовой долей жира 2,5% действующей нормативной документации;
- фруктово-ягодный сироп по действующей нормативной документации;
- закваска по действующей нормативной документации;

3.3.2 На переработку не допускается сырье, в котором содержание токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов превышает допустимых уровней, установленных ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

3.4 Упаковка и маркировка

3.4.1 Готовый продукт расфасовывают по 500 см³ в полимерную тару плотно закрытых фольгой по действующей нормативной документации или другие виды упаковочных материалов, разрешенных к применению органом Государственного санитарно-эпидемиологического надзора Республики Казахстан.

Допустимые отклонения массы нетто продукта в потребительской таре должно соответствовать: ± 3 .

3.4.2 На каждую упаковку в соответствии с СТ РК 1010 наносится вся необходимая информация для потребителя на государственном и русском языках:

- наименование предприятия - изготовителя и (или) товарного знака;
- юридический адрес предприятия;
- наименование продукта;
- масса нетто;
- состав продукта;
- информационные данные о пищевой и энергетической ценности продукта (приложение А);
- дата изготовления (число, месяц, год) продукта и срок годности;
- условия хранения;
- обозначение настоящего стандарта организации;
- информация о сертификации.

Дополнительные информационные данные при маркировке потребительской тары:

- без консервантов.

Продукт укладывают в транспортную тару из картона по ГОСТ 1351686 или другую тару, разрешенную к применению органом Государственного санитарно - эпидемиологического надзора Республики Казахстан.

4 Правила приемки

4.1 Определение партии, объема и выборки проводят по ГОСТ 3622 применительно к кисломолочным продуктам. Каждая партия выпускаемого продукта должна быть проверена на соответствие требованиям настоящего стандарта организации и оформлена удостоверением о качестве установленной формы. Подлинник удостоверения о качестве хранится в экспедиции предприятия изготовителя, а получателю выдается его копия. Периодичность контроля не реже 4 раз в месяц.

4.2 Физико-химические и микробиологические показатели определяют в каждой партии. Содержание токсичных элементов, пестицидов, антибиотиков, микотоксинов и радионуклидов устанавливается предприятием - изготовителем по согласованию с органом Государственного санитарно - эпидемиологического надзора Республики Казахстан.

4.3 Потребитель и контролирующие организации имеют право проводить выборочный контроль на соответствие продукции требованиям настоящего стандарта организации.

4.4 При получении неудовлетворительных результатов хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания удвоенного объема выработки, взятой от той же партии продукта. Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

4.5 Арбитражный анализ при разногласиях в оценке качества продукта потребителем и изготовителем выполняет аккредитованный в установленном порядке орган (лаборатория).

4.6 Сертификационные испытания проводят по пунктам 3.2.2 - 3.2.5, 3.3, 3.4.

5 Методы контроля

5.1 Методы отбора проб и подготовка их к анализу по физико-химическим показателям по ГОСТ 26809, для определения токсичных элементов по ГОСТ 26929 и ГОСТ 26926.

5.2 Упаковка, маркировка, внешний вид, цвет, консистенция определяются визуально, а вкус и запах органолептически.

5.3 Определение массовой доли влаги по ГОСТ 5900-73, жира по ГОСТ 30648, азота по ГОСТ 26889 - 86, железа по ГОСТ 26928 - 86.

5.4 Определение микробиологических показателей по ГОСТ 10444.15 - 94, ГОСТ 30518-97, ГОСТ 10444.2 - 94, ГОСТ 30519-97, ГОСТ 30726 -2001.

5.5 Определение содержания токсичных элементов по ГОСТ 26932 - 86, ГОСТ 26927 - 86, ГОСТ 26930 - 86, ГОСТ 26933 - 86.

5.6 Определение пищевой и энергетической ценности по «Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов».

5.7 Определение содержания радионуклидов, пестицидов, микотоксинов, афлотоксинов и антибиотиков проводят по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения Республики Казахстан.

6 Транспортирование и хранение

6.1 Продукт транспортируют в закрытых охлаждаемых или изотермических средствах транспорта в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов на данном виде транспорта.

6.2 Продукт хранят в сухом, защищенном от света месте, при температуре от 0 до +4°C не более 15 суток с момента окончания технологического процесса на предприятии изготовителя не более 72 часов.

7 Гарантии изготовителя

7.1 Предприятие - изготовитель гарантирует соответствие продукта требованиям настоящего стандарта организации при соблюдении потребителем условия хранения и транспортирования согласно п. 6.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Информационные данные о пищевой и энергетической ценности
питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование	Белки, г	Жир, г	Углеводы, г не менее	Энергетическая ценность, ккал
Питьевой йогурт с инкапсулированным и пробиотиками	3,6	2,0	8,5	64,3

Технологическая инструкция

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
РГП на ПХВ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ШАКАРИМА ГОРОДА СЕМЕЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Ректор РГП на ПХВ
«Государственный университет
имени Шакарима города Семей»
М.Г. Ескендиоров
2019 год



Технологическая инструкция
на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками
ТИ РГП на ПХВ 3992 1917 27 001-2019
(вводится впервые)

Срок действия с 1 мая 2019 года
до 1 мая 2024 года

Держатель подлинника
РГП на ПХВ «Государственный
университет имени Шакарима
города Семей»
071412, ВКО, г. Семей
ул. Глинки, 20 А
тел. 8(7222) 35-95-49

Разработано
РГП на ПХВ «Государственный
университет имени Шакарима
города Семей»

А.К. Какимов

Ж.Х. Какимова

М.М. Джумажанова
«22» 05 2019 год

Семей
2019

Настоящая технологическая инструкция распространяется на питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками, выработанный из молока коровьего, фруктово-ягодного сиропа, закваски для питьевых йогуртов, с добавлением инкапсулированных пробиотиков с целью получения продукта с повышенными пробиотическими свойствами.

1 Характеристика питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

1.1 Продукт по своим органолептическим показателям должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 Органолептические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Характеристика кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками
Внешний вид и консистенция	Однородная, густая. С присутствием капсул диаметром 2- 3 мм
Вкус и аромат	Приятный, кисломолочный, в меру сладкий вкус с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов
Цвет	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов

1.2 По физико-химическим показателям продукт должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 2.

Таблица 2 Физико-химические показатели питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Показатели
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,6±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	14,1
Кислотность: активная (рН)	4,5-5,0
Титруемая (°Т)	85-95
Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	4±2

1.3 По микробиологическим показателям и показателям безопасности питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.

Таблица 3 Микробиологические показатели и показатели безопасности питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Наименование показателя	Допустимые уровни
1	2
Токсичные элементы, мг/кг, не более	
Свинец	0,02
Кадмий	0,02
Мышьяк	0,05
Ртуть	0,005
Микотоксины, мг\кг, не более	
Афлатоксин М ₁	Не допускается
Пестициды, мг/кг: Альфа, бета, гамма - изомеры ГХЦГ	0,02
ДДТ и его метаболиты	0,01
Гептахлор	Не допускается
Алдрин	Не допускается
Микроорганизмы - эубиотики, КОЕ/г, не менее	1 · 10 ⁷
БГКП (колиформы) в 0,01 см ³	Не допускаются
Радионуклиды, Бк/л, не более	
Цезий-137	40,00
Стронций - 90	25,00
Антибиотики, мг\кг, не более	
Левомецитин	Не допускаются
Тетрациклиновая группа	Не допускаются
Стрептомицин	Не допускаются
Пенициллин	Не допускаются
Патогенные, в т.ч.:	
Сальмонеллы в 25 см ³	Не допускаются
St. aureus 1,0 см ³	Не допускаются
Плесени, КОЕ/см ³ (г), не более	Не допускаются
Дрожжи, КОЕ/ см ³ (г), не более	Не допускаются

2 Требования к сырью и материалам

2.1 Для производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками применяется следующее сырье и материалы:

- молоко коровье с массовой долей жира 2,5% действующей нормативной документации;
- фруктово-ягодный сироп по действующей нормативной документации;
- закваска по действующей нормативной документации;

2.2 На переработку не допускается сырье, в котором содержание токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов превышает допустимых уровней, установленных «Гигиеническими требованиями к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», СанПиН 4.01.071.03.

3 Рецепттура

Продукт должен вырабатываться по следующей рецептуре (в кг на 1000 кг продукта без учета потерь), представленной в таблице 4.

Таблица 4 Рецепттура продукта

Сырье и основные материалы	Расход сырья на 1000 кг (без учета потерь)
Молоко с массовой долей жира 2,5%	837
Молоко сухое обезжиренное	70
Закваска на обезжиренном молоке	50
Фруктово-ягодный сироп	40
Инкапсулированные пробиотики	3
Итого:	1000

Примечание:

1 Расход сырья и основных материалов на выработку 1000 кг продукта учитывают в соответствии с приведенной рецептурой и фактическими потерями, но не выше установленных норм расхода.

2 Расход вспомогательных материалов, тары и упаковочных материалов на выработку 1000 кг продукта учитывают по фактическим затратам, но не выше установленных норм расхода.

4 Технологический процесс

4.1 Технологический процесс должен осуществляться с соблюдением санитарных норм и правил для предприятий молочной промышленности, утвержденных в установленном порядке.

4.2 Технологический процесс производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками состоит из следующих операций:

- приемка и оценка качества сырья и основных компонентов;
- очистка молока от механических примесей;
- подогрев молока до 40-45°C;
- нормализация молока по массовой доле жира и по массовой доле СОМО;
- гомогенизация полученной смеси при температуре 50-55°C и давлении 10-12 МПа;
- пастеризация при температуре 85-87°C с выдержкой 5-10 мин;

- охлаждение до температуры 40- 42°C;
- заквашивание закваской, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в количестве 5%.
- сквашивание смеси при температуре 40-42°C в течение 3,5-5,0 ч;
- внесение фруктово-ягодного сиропа (ГОСТ 28499-2014) и инкапсулированных пробиотиков *P. freudenreichii* ;
- перемешивание в течение 5-10 мин;
- охлаждение до 8-10°C и розлив в потребительскую тару;
- хранение при температуре 4-6°C;
- реализация продукта.

4.2.1 Приемка и оценка качества молока, охлаждение, промежуточное хранение.

Сырье, применяемое в производстве кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками должно соответствовать требованиям действующей нормативной и технической документации.

Испытательная лаборатория по направлению отдела технического контроля проводит входной контроль сырья и материалов и выдает протокол испытания с результатами. Окончательное решение о возможности использования в производстве принимает ОТК.

Транспортирование сырья, полупродуктов и материалов производится в закрытых емкостях и таре на тележке.

Для изготовления продукта используют доброкачественное молоко кислотностью не выше 20°Т. Молоко очищают от механической примеси и охлаждают до температуры не выше 10°C для промежуточного хранения.

4.2.2 Подготовка основного сырья. Молоко после подогрева до 40-45°C направляют на нормализацию, чтобы массовая доля жира и сухих веществ в готовом продукте была не менее массовых долей жира и сухих веществ, предусмотренных техническими условиями.

4.2.3 Нормализованное молоко с массовой долей жира 2,5% смешивают, последовательно загружая в емкость при непрерывном перемешивании. Массу непрерывно перемешивают, затем масса по трубопроводу подается на гомогенизацию и пастеризацию смеси.

4.2.4 Гомогенизация и пастеризация смеси. Гомогенизация полученной смеси при температуре 50-55°C и давлении 10-12 МПа.

Пастеризация при температуре 85-87°C с выдержкой 5-10 мин. Происходит увеличение гидрофильности белка для получения сгустка, плохо отделяющего сыворотку, а также уничтожение патогенной микрофлоры.

4.2.5 Охлаждение смеси компонентов.

Смесь охлаждают до температуры заквашивания 40-42°C.

4.2.6 Заквашивание закваской, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* предварительно готовят на обезжиренном молоке. В смесь при непрерывном перемешивании вносят закваску. Все тщательно перемешивают и оставляют для сквашивания.

4.2.7 Сквашивание смеси.

Сквашивание смеси закваской проводят при температуре 40- 42°С в течение 3,5-5,0 ч.

4.2.8 После сквашивания вносят инкапсулированные пробиотики *P. freudenreichii* и фруктово-ягодный сироп. Затем проводят перемешивание в течение 5-10 мин.

4.2.9 Охлаждение и розлив и продукта.

Перед розливом продукт охлаждают до 8-10°С. Готовый продукт расфасовывают по 250 см³ в полимерную тару плотно закрытых фольгой и охлаждают до температуры 4-6°С.

5 Хранение и транспортирование

Продукт перед реализацией хранят в холодильных камерах при температуре не выше 4-6°С и влажности воздуха 80-85%.

Продукт транспортируют всеми видами транспорта, в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на каждом виде транспорта.

Реализация продукта.

6 Контроль производства

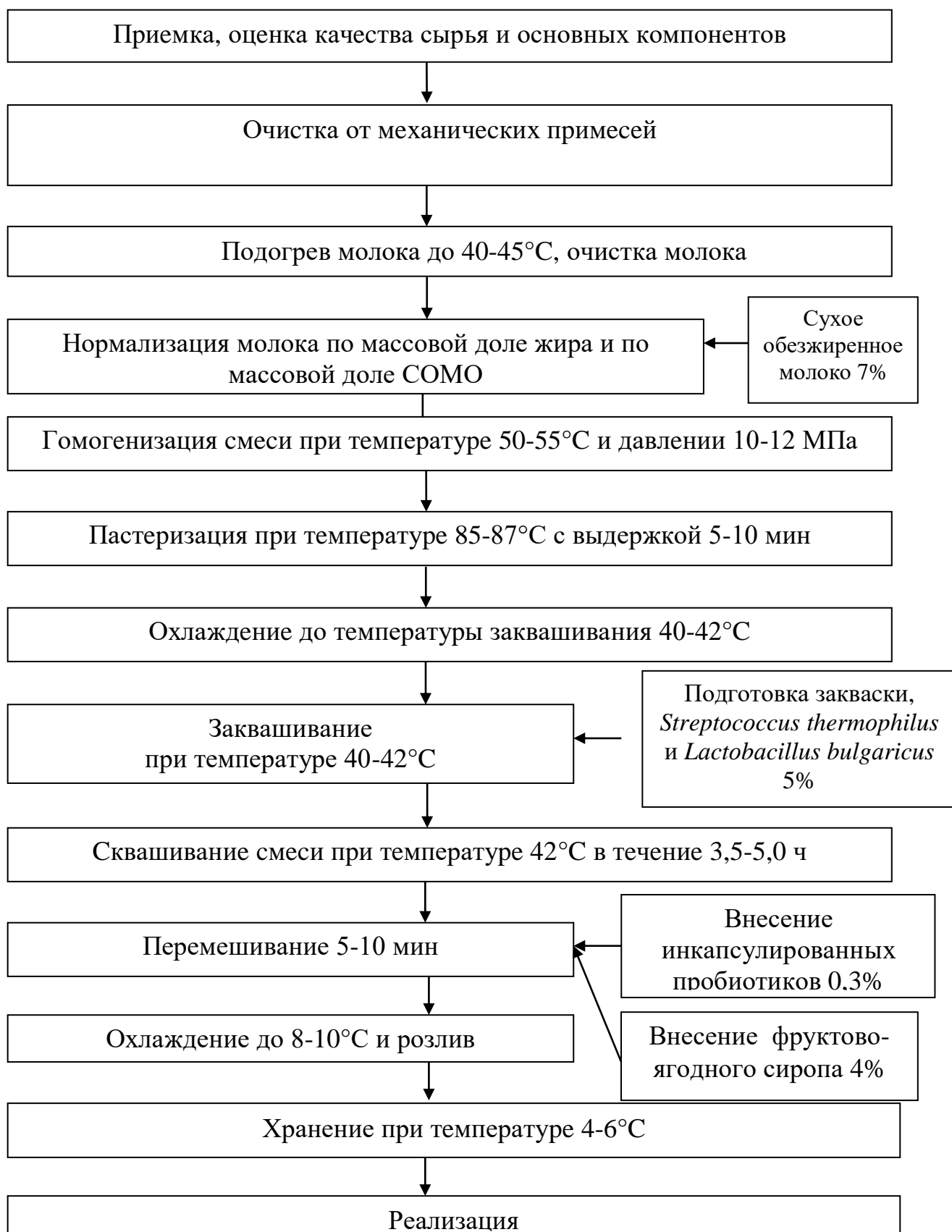
Каждую партию продукта перед выпуском на реализацию оценивают по физико-химическим, микробиологическим и органолептическим показателям.

Технологический и микробиологический контроль сырья, технологического процесса и готовой продукции осуществляется ОТК (лабораторией) предприятия – изготовителя, поставщика сырья в соответствии с действующими инструкциями и стандартами на методы исследования.

На всех стадиях производства производится контроль за соблюдением технологических параметров.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологическая схема производства кисломолочного напитка с инкапсулированными пробиотиками



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень рекомендуемого оборудования к схеме технологического процесса производства питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками

Процесс приготовления продукта производится с использованием типового оборудования, применяемого в отрасли, выполненного из материалов, разрешенных к применению органами Государственного санитарно – эпидемиологического надзора Республики Казахстан.

№ п.п.	Наименование оборудования	Марка оборудования
1	Центробежный насос	36 МЦИ – 10
2	Резервуар для хранения молока	РМВЦ – 10
3	Резервуар для кисломолочных продуктов	РЧ-ОТТ – 10
4	Пастеризационная установка	ОПЛ-10
5	Гомогенизатор	ОГМ – 10
6	Автомат для фасовки	GTL-MultiStep

ПРИЛОЖЕНИЕ Л
Патент № 4286 на полезную модель «Способ производства йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами»





РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 4286

(51) A23C 9/13 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2019/0508.2

(22) 04.06.2019

(45) 13.09.2019, бюл. №37

(72) Какимов Айтбек Калиевич; Джумажанова Мадина Муратовна; Мирашева Гульмира Оразбековна; Какимова Жайнагуль Хасеновна; Жумадилова Гульмира Амангазыевна; Муратбаев Аликбек Манарбекович; Бейсембаева Галия Шамшихановна; Смагулова Меруерт Габдылманакызы; Қабденова Айнур Төлеуханқызы; Қайырбекова Ташшолпан Мақсұтқызы

(73) Какимов Айтбек Калиевич; Джумажанова Мадина Муратовна

(74) Кундыгбаев Джумахан Какимович

(56) RU №2577998 С1, 20.03.2016.

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ПРОБИОТИЧЕСКИМИ КУЛЬТУРАМИ

(57) Полезная модель относится к молочной промышленности, к производству кисломолочных продуктов, питьевых йогуртов с повышенной биологической ценностью и может быть

использована при производстве молочных продуктов функционального назначения.

Технический результат - йогурт, содержащий наибольшее количество жизнеспособных пробиотиков и питательных веществ.

Способ производства питьевого йогурта, включает очистку молока, нормализацию до 2,0 %-ной жирности, составление смеси из нормализованного молока и вкусовой добавки, гомогенизацию и пастеризацию полученной смеси, охлаждение до температуры 40°C, внесение закваски, сквашивание смеси при температуре 38°C в течение 5,0±0,5 ч, внесение инкапсулированных пробиотиков, перемешивание в течение 10-15 мин, разлив в потребительскую тару, охлаждение до температуры 4-6 °С, хранение.

Компоненты берут при следующем их соотношении, масс. %: молоко пастеризованное 86-88; закваска 4-6; вкусовая добавка 3,5-4,5; инкапсулированные пробиотики 3,5-4,5.

В качестве вкусовой добавки используют фруктово-ягодный сироп.

(19) KZ (13) U (11) 4286

Полезная модель относится к молочной промышленности, к производству кисломолочных продуктов, питьевых йогуртов с повышенной биологической ценностью и может быть использована при производстве молочных продуктов функционального назначения.

Известен способ производства йогурта, включающий нормализацию молока, внесение стабилизирующих добавок к молоку, дезаэрацию, гомогенизацию, тепловую обработку, охлаждение до температуры заквашивания, сквашивание, охлаждение до температуры хранения (см. Технология производства молочных продуктов. Справочник. - М.: ЗАО «Тетра Пак АО», 2002).

К недостаткам данного способа относится недостаточная пищевая и биологическая ценность йогурта.

Известен способ производства йогурта, взятый нами за прототип (патент РФ № 2577998, МПК А23С 9/13, опубл. 2016 г.), включающий пастеризацию молока, охлаждение до температуры заквашивания, внесение закваски, сквашивание, охлаждение, внесение наполнителя из растительного сырья, перемешивание, упаковывание в тару, в качестве растительного сырья используют физалис, который припускают в течение 8-12 мин, полученную массу отделивают от отвара, охлаждают до температуры 35-40°C и перетирают до однородной консистенции с крупностью частиц не более 0,4 мм, после чего полученное пюре перемешивают и прогревают вместе с сахарным сиропом концентрации 45%, до полного растворения сахара в пюре, при этом количество пюре составляет 10-15% от массы готового продукта, а масса сиропа составляет 16-18% от массы пюре.

К недостаткам данного способа относятся сложность его осуществления, в частности многооперационность технологического процесса, а также то, что конечный продукт не обладает пробиотическими свойствами.

Задачей предлагаемой полезной модели является разработка способа производства питьевого йогурта, обеспечивающего производство продукта с высокими биологическими, пробиотическими свойствами.

Техническим результатом полезной модели является йогурт, содержащий наибольшее количество жизнеспособных пробиотиков и питательных веществ.

Технический результат достигается тем, что в способе производства йогурта, включающем пастеризацию молока, охлаждение до температуры заквашивания, внесение закваски, сквашивание, внесение наполнителя, перемешивание, упаковывание в тару, новым является то, что в качестве наполнителя после окончания процесса сквашивания молока в сквашенную смесь вводят инкапсулированные пробиотики *Propionibacterium freudenreichii* в виде мягких бесшовных микрокапсул, изготовленных экструзионным способом, дополнительно вводят вкусовую добавку

в качестве которой используют фруктово-ягодный сироп.

Способ осуществляется следующим образом.

Принятое молоко подвергают очистке, проводят нормализацию молока до 2,0 %-ной жирности, составляют смесь из нормализованного молока и вкусовой добавки, полученную смесь гомогенизируют при температуре 50- 55°C и давлении 10-12 МПа, пастеризацию проводят при температуре 85±2°C с выдержкой 5-10 мин, охлаждают смесь, вносят закваску, состоящую из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, проводят сквашивание смеси при температуре 38-42°C в течение 5,0±0,5 ч, вносят инкапсулированные пробиотики, перемешивают в течение 5-10 мин, разливают в потребительскую тару, охлаждают до температуры 4-6°C и направляют готовый продукт на хранение, а компоненты берут при следующем их соотношении, масс. %:

молоко пастеризованное	86-88
закваска	4-6
фруктово-ягодный сироп	3,5-4,5
инкапсулированные пробиотики	3,5-4,5

Внесение инкапсулированных пробиотиков *Propionibacterium freudenreichii* позволяет получить продукт с повышенными пробиотическими свойствами. Полезная модель обеспечивает сохранение активности (10^9 КОЕ/мл) и жизнеспособности пробиотических культур в условиях среды желудочно-кишечного тракта (рН 2,0).

Внесение фруктово-ягодного сиропа повышает пищевую и биологическую ценность конечного продукта.

Примеры конкретного выполнения способа.

Пример 1.

Для приготовления 1000 кг питьевого йогурта берут 860 кг нормализованного молока жирностью 2,0%, вводят 45 кг фруктово-ягодного сиропа, тщательно перемешивают и смесь гомогенизируют при температуре 50-55°C и давлении 10-12 МПа. Гомогенизованную смесь пастеризуют при температуре 85±2°C с выдержкой 5-10 мин, охлаждают до температуры 38-42°C. В охлажденную смесь вводят 45 кг закваски, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, проводят сквашивание смеси при температуре 38-42°C в течение 5,0±0,5 ч. После сквашивания вносят инкапсулированные пробиотики в количестве 35 кг, перемешивают в течение 20 мин и разливают в потребительскую тару, охлаждают до температуры 4-6°C и направляют готовый продукт на хранение.

Полученный продукт обладает гомогенной консистенцией с наличием капсул диаметром 1 -2 мм, что не влияет на органолептические показатели, и имеет белый цвет.

Пример 2.

Способ осуществляют так же, как и в примере 1, только компоненты берут в следующих количествах: молоко нормализованное, жирностью 2,0%

- 870 кг, фруктово-ягодный сироп - 40 кг, закваска - 50 кг, инкапсулированные пробиотики - 40 кг.

Полученный продукт обладает гомогенной консистенцией с наличием капсул диаметром 1-2 мм, что не влияет на органолептические показатели, и имеет белый цвет.

Пример 3.

Способ осуществляют так же, как и в примере 1, только компоненты берут в следующих количествах: молоко нормализованное, жирностью 2,0%

- 880 кг, фруктово-ягодный сироп - 35 кг, закваска - 40 кг, инкапсулированные пробиотики - 45 кг.

Полученный продукт обладает гомогенной консистенцией с наличием капсул диаметром 1-2 мм, что не влияет на органолептические показатели, и имеет белый цвет.

Органолептические показатели йогурта представлены в табл. 1. Физико-химические показатели йогурта представлены в табл. 2. Сведения о пищевой ценности 100 г питьевого йогурта приведены в таблице 3.

Таблица 1

Органолептические показатели йогурта

Наименование показателя	Характеристика питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотиками (4%)
Внешний вид и консистенция	Однородная, вязкая, с присутствием капсул диаметром 2-3 мм
Вкус и аромат	Приятный, чистый кисломолочный, сладкий, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Бледно-розовый с вкраплениями капсул

Таблица 2

Физико – химическая йогурта

Наименование показателя	Характеристика и норма
Массовая доля жира, %	2,0±0,2
Массовая доля белка, %	3,4±0,2
Массовая доля сухих веществ, %	не менее 13,4
Кислотность: активная (рН) титруемая (°Т)	4,5-5,0 80-85
Температура при выпуске с предприятия, °С не выше	6

Таблица 3

Сведения о пищевой ценности 100 г питьевого йогурта

Продукт	Жиры, г	Белки, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Питьевой йогурт с инкапсулированными пробиотиками	2,0	3,4	8,2	68,9

Таким образом, предлагаемый способ позволит получить питьевой йогурт с гармоничным сочетанием органолептических свойств, широким спектром питательных веществ, с повышенными пробиотическими свойствами.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Способ производства йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами, включающий пастеризацию молока, охлаждение до температуры заквашивания, внесение закваски, сквашивание, внесение наполнителя, перемешивание, упаковывание в тару,

отличающийся тем, что после окончания процесса сквашивания молока в сквашенную смесь вносят инкапсулированные пробиотики *Propionibacterium freudenreichii* в виде мягких бесшовных микрокапсул, изготовленных экструзионным способом, дополнительно вносят вкусовую добавку в качестве которой используют фруктово-ягодный сироп, а компоненты берут при следующем их соотношении:

молоко пастеризованное	86-88
закваска	4-6
инкапсулированные пробиотики	3,5-4,5
фруктово-ягодный сироп	3,5-4,5

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Государственный университет имени Шакарима города Семей

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
воспитательной работе



Ж.Т. Мукаев

«_____» 2019 г.

АКТ внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Мы, нижеподписавшиеся члены комиссии: директор Департамента по академическим вопросам Тулеугалиева С.С., декан факультета дальнейшего образования Какимов А.К., декан инженерно-технологического факультета Касенов А.Л., руководитель отдела по управлению научной и инновационной деятельности Есимбеков Ж.С., составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы Джумажановой М.М. «Разработка технологии питьевого йогурта с инкапсулированными пробиотическими культурами», научный руководитель Какимов А.К., внедрены в учебный процесс и используются в лекционных курсах и при проведении лабораторных занятий, а также при выполнении выпускных работ при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся по образовательной программе «Биотехнология», «Стандартизация и сертификация».

На лабораторных и практических занятиях по дисциплинам «Технология производства», «Технология производства пищевых продуктов», «Биотехнология производства молочных продуктов», «Основы научных исследований» используется разработанная и запатентованная установка «Установка для инкапсулирования пробиотиков».

Настоящий акт составлен в 4-х экземплярах и передан на хранение: первый экземпляр – на кафедру «Стандартизация и биотехнология», второй экземпляр – в деканат инженерно-технологического факультета, третий экземпляр – в деканат факультета дальнейшего образования, четвертый экземпляр – в отдел по управлению научной и инновационной деятельности.

Члены комиссии:

Тулеугалиева С.С.

Какимов А.К.

Касенов А.Л.

Есимбеков Ж.С.