На правах рукописи
УДК.: 663.913.53:631.874.464(043.5)

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА

Курбанова Ибараткан Сыдыковна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АНАЛОГОВ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ МАТРИЦ, СОДЕРЖАЩИХ ФАСОЛЕВЫЙ ЭКСТРАКТ

741000 Технология продовольственных продуктов

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора философии (PhD)

по направлению 741000 – технология продовольственных продуктов

Научные руководители:

д.т.н., профессор **Мукарама Мусульманова**

д.т.н., профессор **Лорета Серниене**

Бишкек 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

ANOVA – Analysis of Variance/Дисперсионный анализ

AOAC – Association of Official Analytical Chemists/Ассоциация официальных аналитических химиков

BSE – Backscattered Electrons/Обратно-рассеянные электроны

DVS – Direct vat set/Закваска прямого внесения

FMOC – Fluorenylmethyloxycarbonyl/Флуоренилметилхлороксикарбонил

GFI – Great Food Institute/Институт хорошей пищи

ISO – International Standard Organization/Международная организация по стандартизации

LC – Liquid Chromatography/Жидкостная хроматография

MERC – Mercaptopropionic acid/Меркаптопропионовая кислота

MS – Mass Spectrometry/Масс-спектрометрия

OPA – Ortho-Phthalaldehyde/Ортофталевый альдегид

PBDAs – Plant-Based Dairy Alternatives/Растительные альтернативы молочным продуктам

PBFA – Plant-Based Food Association/Ассоциация растительных продуктов

SCPs – Single-Cell Proteins/Одноклеточные белки

SE – Secondary Electrons/Вторичные электроны

SEM – Scanning Electron Microscope/ Сканирующий электронный микроскоп

U.S.P. – United States Pharmacopeia/Фармакопея Соединенных Штатов

UFLC – Ultra-Fast Liquid Chromatography/ультрабыстрая жидкостная хроматография

ВУС – Влагоудерживающая способность

ДБМ – Дибелковый матрикс

ИПЦ – Индекс потребительских цен

КДА – Количественный дескриптивный анализ

КМ – Коровье молоко

МКБ – Молочнокислые бактерии

МКМ – Матрица коровьего молока

ММ – Молочная матрица

МЭБФ – Матрица экстракта белой фасоли

ПМ – Пищевая матрица

ФКМ – Ферментированное коровье молоко

ФМРН – Ферментированный молочно-растительный напиток

ФФИ – Физиологически функциональные ингредиенты

ФЭБФ – Ферментированный экстракт белой фасоли

ЭБФ – Экстракт белой фасоли

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена устойчивыми мировыми трендами роста потребления растительной пищи и растущим спросом на функциональные продукты питания. Разработка технологий с использованием фасолевого экстракта для создания инновационных продуктов питания на основе местного растительного сырья способствует устойчивому развитию агропромышленного комплекса и обеспечению продовольственной безопасности.

- *Экспортоориентированность и отсутствие местной переработки фасоли в КР*

Фасоль стала сравнительно новой сельскохозяйственной культурой в Кыргызстане, обозначив переход от традиционного выращивания других бобовых культур, таких как горох и соя. С конца 1990-х годов наблюдается значительный рост производства фасоли, обусловленный экспорто-ориентированным подходом, что подчеркивает устойчивое доминирование фасоли в этом регионе. Несмотря на высокий экспортный потенциал фасоли и её производство на уровне целого региона Кыргызской Республики, внутреннее потребление этого вида бобовых остается на низком уровне, а её переработка в продукты с высокой питательной ценностью отсутствует. Местное население не получает пользы от высокого содержания белка и ценных питательных свойств фасоли [1].

- *Увеличение объёмов молока в зимний период. Замена молочных компонентов растительными. Доступность*

Смешанные пищевые композиции могут удовлетворить спрос на молочные продукты в межсезонье, когда многие страны, в том числе КР, испытывают недостаток поставок молока. Учитывая, что белая фасоль является наиболее распространенной, доступной и предпочитаемой культурой среди

фермеров Кыргызстана, она была выбрана в нашем исследовании в качестве компонента молочно-растительных напитков. Растительное сырье может быть дешевле и доступнее в некоторых регионах, особенно там, где молочное производство ограничено [2]. Смеси обеспечивают устойчивый и питательный вариант для разнообразия рациона. Возможность частичной замены коровьего молока такими напитками в периоды его нехватки ранее не была исследована.

- *Здоровый образ жизни*

В то же время в мире растет спрос на растительные напитки из-за увеличения случаев аллергии на коровье молоко, непереносимости лактозы [2], проблем с избыточным весом и гиперхолестеринемии. Растет спрос на растительные аналоги молока, что обусловлено осознанным выбором потребителей в пользу здорового питания, этичного образа жизни и веганских диет. К примеру, традиционный йогурт из молока является признанным и широко потребляемым молочным продуктом благодаря своему богатому составу и важным свойствам. Однако растущая популярность растительных йогуртоподобных напитков может быть связана с их уникальным питательным составом и рядом других факторов. Растительные заменители молока предлагают разнообразные биоактивные компоненты, такие как фенольные соединения и флавоноиды, известные своими антиоксидантными свойствами [3].

- *Растущая тенденция, направленная на развитие вегетарианства и веганства*

Кроме того, многие растительные напитки в большей степени низкокалорийны и содержат мало жиров и углеводов, что делает их привлекательными для людей, стремящихся контролировать свой вес или питание. Увеличение числа вегетарианцев, веганов и флекситарианцев стимулировало спрос на растительные заменители молока. Эти диетические предпочтения часто мотивированы этическими, медицинскими или экологическими соображениями, а растительное молоко хорошо соответствует

этим принципам, предоставляя потребителям безвредный и устойчивый вариант [3].

- *«Экологический след»*

Проблемы перенаселения и изменения климата побудили к исследованиям альтернативных источников белка для решения проблемы отсутствия продовольственной безопасности. Альтернативные белки, такие как растительные белки, культивируемое мясо и одноклеточные белки (Single-Cell Proteins, SCP), требуют меньше природных ресурсов и выделяют меньше парниковых газов по сравнению с традиционным животноводством, тем самым предлагая более устойчивый подход к удовлетворению растущего глобального спроса на белки [4,5]. Увеличение доли растительных продуктов в рационе может предложить несколько преимуществ с точки зрения устойчивости. Растительные продукты, как правило, имеют меньший экологический след по сравнению с молочными продуктами в плане использования земель и воды, выбросов парниковых газов и энергопотребления. Переход на преимущественно растительный рацион может помочь снизить давление на природные ресурсы и уменьшить экологическое воздействие производства продуктов питания [6]. Производство растительных ингредиентов требует меньше ресурсов (воды, земли) и выделяет меньше парниковых газов, чем молочное животноводство.

- *Повышение усвояемости белков путем смешения белков животного и растительного происхождения*

Утверждение о том, что смешивание белков животного и растительного происхождения способствует улучшению их усвояемости, подтверждается научными исследованиями. Растительные белки обычно имеют более низкий коэффициент усвояемости по сравнению с животными белками. Это связано с наличием антинутриентов, таких как фитаты и ингибиторы протеаз, которые могут препятствовать перевариванию и усвоению белков [7,8], поэтому животные белки обладают высоким качеством и дают больший прирост мышечной массы [9]. Степень их влияния на окружающую среду различается:

производство растительного белка требует меньше ресурсов и считается более экологически устойчивым. Однако животный белок обладает более высокой биологической ценностью. Комбинирование в продуктах питания сырья животного и растительного происхождения, а также различных видов растительного белка способствует повышению питательной ценности конечного продукта [10].

Цели и задачи исследования

Целью настоящего исследования является научное обоснование и практическая реализация технологии молочно-растительных продуктов питания на основе ферментированных напитков и молочных матриц из экстракта белой фасоли и коровьего молока путем комплексного изучения их физико-химических, сенсорных и микробиологических характеристик.

В задачи проведенного нами исследования входило следующее:

1. Подобрать оптимальные параметры получения и модификации экстракта из семян белой фасоли (*Phaseolus vulgaris L.)* для последующего его использования в составе ферментированных продуктов и белковых матриц.
2. Исследовать физико-химические свойства исходных компонентов (экстракта белой фасоли, коровьего молока) и их смесей в различных пропорциях.
3. Разработать технологические режимы производства ферментированных напитков и белковых матриц на основе экстракта белой фасоли, коровьего молока и их композиций.
4. Определить физико-химические, сенсорные и микробиологические характеристики ферментированных молочно-растительных напитков и молочных матриц, произведенных на основе экстракта белой фасоли, коровьего молока и их смесей.
5. Оптимизировать рецептуру молочно-растительных композиций с наилучшими физико-химическими и сенсорными характеристиками и

технологические решения, обеспечивающие получение готовых продуктов питания с целевыми потребительскими свойствами и максимальной пищевой ценностью.

6. Разработать способы применения вторичных продуктов переработки фасоли.

Научная новизна исследования и значимость полученных результатов

- *Расширение фундаментальных знаний*

Настоящее исследование вносит существенный вклад в область пищевых технологий и науки о продуктах питания, впервые комплексно исследуя синергетические эффекты совместного использования коровьего молока и молокоподобного экстракта белой фасоли.

Впервые установлены количественные зависимости между составом матриц, их реологическими свойствами, динамикой кислотности, выживаемостью пробиотических культур, сенсорными и микроструктурными характеристиками. Работа раскрывает механизмы формирования микроструктуры, реологических и сенсорных свойств в принципиально новой категории гибридных молочно-растительных матриц. Впервые детально описано, как изменение пропорции компонентов влияет на выживаемость различных пробиотических культур (*S. thermophilus, L. acidophilus, B. bifidum*) в таких системах в течение срока хранения, что расширяет знания в области микробиологии ферментированных продуктов.

- *Новые подходы и модели*

Разработана и апробирована методология комплексной оценки гибридных продуктов, включающая синхронный анализ их физико-химических (pH, вязкость, цвет, влагоудерживающая способность), микробиологических и органолептических параметров. Установлено, что реологическое поведение полученных матриц адекватно описывается моделью Гершеля-Балкли, что предоставляет исследователям и технологам точный инструмент для

прогнозирования и управления текстурой, в частности, намазываемостью. Впервые для подобных систем продемонстрирована корреляция между микроструктурой белкового сгустка, динамикой кислотности и жизнеспособностью конкретных пробиотических штаммов.

Практическая значимость работы

Исследование направлено на раскрытие потенциала молочно-растительных композиций на основе белой фасоли в качестве устойчивой и богатой белком альтернативы продуктам животного происхождения, а также на трансформацию местной кыргызской фасоли в стратегическое сырье для отечественной перерабатывающей промышленности.

Определены критические границы замещения (до 50%) молочного сырья экстрактом белой фасоли, позволяющие сохранить приемлемые сенсорные и текстурные характеристики. Полученные результаты дают производителям четкие рекомендации по созданию продуктов функционального назначения с модифицированным аминокислотным профилем и повышенным содержанием растительного белка, что отвечает современным тенденциям в питании. Результаты работы могут быть использованы для разработки специализированных продуктов, в том числе для лиц, нуждающихся в ограничении животного белка.

Практическая ценность работы подтверждена разработкой технологии и рецептур для производства ферментированных напитков, крем-сыра, дибелкового спреда с наполнителями, а также хумуса, как продукта из вторичного сырья.

Проведена промышленная апробация технологии производства крем-сыра и хумуса на производственной базе сыродельного предприятия Юнайтед Фуд Альянс, с. Шабдан, КР.

Методы исследования

В исследовании использованы стандартные и общепринятые физико-химические, органолептические, микробиологические, реологические и

микроструктурные методы исследования свойств сырья и готовых продуктов. Объектами исследования были молоко коровье, белая фасоль и их продукты переработки.

Основные положения докторской диссертации, выносимые на защиту

- Научное обоснование технологии получения ферментированных продуктов и белковых матриц на основе композиций экстракта белой фасоли (*Phaseolus vulgaris L.*) и коровьего молока, обеспечивающее формирование стабильной консистенции и приемлемых органолептических свойств конечного продукта.
- Способность бифидобактерий (*Bifidobacterium bifidum*) проявлять лучшую выживаемость в ферментированном фасолевом экстракте (до 6.76 lg КОЕ/г на 21ый день) и композициях с меньшей пропорцией коровьего молока.
- Наличие пребиотиков (раффиноза, стахиоза, резистентный крахмал, клетчатка в совокупности) в ферментированных напитках обусловливает получение синбиотических пищевых композиций, содержащих как пробиотики, так и пребиотики, что подтверждается данными микробиологического анализа.
- Введение фасолевого экстракта в коровье молоко приводит к снижению содержания углеводов и жиров, к повышению вязкости ферментированных напитков, повышению влагоудерживающей способности дибелковых матриц.
- Введение фасолевого экстракта в коровье молоко приводит к сокращению длительности ферментации при получении ферментированных напитков.
- Экстракт белой фасоли и его смеси с коровьим молоком могут быть использованы для создания разнообразных ферментированных продуктов, белковых матриц, аналогичных молочным, обладающих уникальными свойствами и полезных для здоровья, а также пищевых добавок.

Степень достоверности результатов

Достоверность результатов подтверждена:

- применением современных физико-химических, микробиологических и сенсорных методов анализа, принятых в пищевой науке;
- применением методик, соответствующих международным стандартам и руководствам организации по стандартизации (ISO);
- достаточным объемом выборок и проведением серий повторных экспериментов ($n \geq 3$);
- использованием репрезентативной статистической обработки данных с помощью программы SPSS;
- соответствием выводов данным, опубликованным в авторитетных научных источниках.

Личный вклад соискателя

заключается в определении целей и задач исследований, а также в самостоятельном выполнении следующих работ:

- планирование и выполнение полного цикла экспериментальных работ — от подбора сырья и подготовки составов смесей белой фасоли и коровьего молока до разработки и получения опытных образцов паст и напитков
- лично освоены и применены такие ключевые методики, как микробиологический анализ ферментированных напитков, сенсорный анализ полученных продуктов, определение реологических свойств с помощью ротационного реометра RheolabQC (Anton Paar, Германия), определение цветовых значений с помощью портативного цветового измерителя PCE-CSM5 (PCE instruments, Великобритания);
- проведение комплексной аналитической работы — освоена программа SPSS и выполнена статистическая обработка данных, критический анализ,

выявлены и научно интерпретированы ключевые закономерности исследуемых параметров;

- авторская разработка итоговых материалов — все выводы, научные положения, выносимые на защиту, практические рекомендации, а также тексты диссертации и научных публикаций подготовлены лично соискателем.

Апробация результатов исследования

- Результаты проведенных исследований были представлены на 18-ой международной научной конференции «The vital sign» (17 мая 2024 года в г. Каунас), организованной Литовской Академией наук, Университетом Vytautas Magnus и Скандинавским Обществом наук о разделении (Nordic Separation Science Society, NSSS), в виде доклада на тему: «Exploring the physicochemical and sensory profiles of hybrid spreadable cheese analogues incorporating white kidney beans and cow milk» («Изучение физико-химических и органолептических свойств гибридных пастообразных аналогов сыра на основе коровьего молока и белой фасоли»).
- Участие в работе международной научной конференции "Development of Research Capacity and Innovations in Food Safety and Quality", организованном Литовским Университетом наук о здоровье (26 февраля 2025 года в г. Каунас) с докладом на тему: «Evaluation the physicochemical and sensory profiles of spreadable dairy matrix obtained from white kidney bean milk-like extract and cow milk blends» («Оценка физико-химических и органолептических свойств пастообразной молочной матрицы, полученной из смесей коровьего молока и молокоподобного экстракта белой фасоли»).

Публикации

По результатам исследования опубликованы две статьи на английском языке в научных журналах, индексируемых международной системой Scopus.

Структура и объем диссертации

Настоящая диссертация состоит из введения, 3х глав основной части, заключения, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 127 страниц и содержит 28 таблиц, 11 рисунков. В диссертации использованы 116 библиографических источников, в том числе 111 из которых на английском языке.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Глобальные тенденции развития растительных аналогов молочных продуктов. Рост интереса к plant-based продуктам: здоровье, экология, этика, вегетарианство и веганство

В последние десятилетия рынок растительных аналогов молочных продуктов демонстрирует устойчивый рост, обусловленный изменениями в потребительских предпочтениях, стремлением к более здоровому образу жизни и заботой об окружающей среде. Всё больше потребителей по всему миру выбирают альтернативы традиционному молоку, такие как соевые, овсяные, миндальные и другие напитки, а также йогурты и сыры на растительной основе. Это связано с различными факторами, на которые опираются потребители, делая свой выбор.

Под «plant-based» продуктами понимаются пищевые продукты, полностью или преимущественно состоящие из ингредиентов растительного происхождения (злаки, бобовые, орехи, семена, овощи, фрукты и др.), не содержащие компонентов животного происхождения или содержащие их в ограниченном количестве. К растительным аналогам относятся, в частности, заменители мяса, молока, йогурта, сыра и других продуктов. Динамика развития растительных продуктов обусловлена не только изменением потребительских предпочтений и популярностью вегетарианства и веганства [11], но также экологическими и этическими аспектами, а также стремлением к более устойчивым пищевым системам. Всё это делает тему разработки растительных аналогов молочных продуктов актуальной как в научном, так и в прикладном аспекте. Среди основных факторов роста интереса к растительным аналогам являются:

- *Здоровье*

В последнее время люди активно стали заниматься своим здоровьем, используя диеты, направленные на снижение потребления насыщенных жиров и

холестерина, повышение содержания пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов, на снижение заболеваемости диабетом, ожирения [12].

- *Воздействие на окружающую среду*

Производство растительных продуктов требует меньше воды, земли, и выбрасывает меньше CO_2 по сравнению с животноводством. В табл. 1.1. автор [13] показывает, что коровье молоко производит в 3–4 раза больше парниковых газов, требует в 10 раз больше земли и в 10–20 раз больше воды, чем растительные альтернативы, т. е. соевый и овсяный напитки выступают как наиболее экологически сбалансированные продукты.

Таблица 1.1 − Сравнение экологического следа молока и растительных аналогов

Показатель	Коровье молоко	Соевый напиток	Овсяный напиток	Миндальный напиток
Выбросы CO_2-экв., кг/л	~3,0 кг	~0,9 кг	~0,9 кг	~0,7 кг
Площадь земли, м²/л	~8,9 м²	~0,7 м²	~0,8 м²	~0,5 м²
Водопотребление, л/л	~628 л	~28 л	~48 л	~371 л

- *Этические соображения*

Одним из ключевых факторов, способствующих росту интереса к растительным аналогам молочных и мясных продуктов, являются этические убеждения потребителей, касающиеся обращения с животными в условиях промышленного животноводства. Во многих странах отмечаются серьёзные проблемы, связанные с жестоким содержанием, ограничением свободы передвижения, перегрузкой антибиотиками и отсутствием естественной среды обитания для животных, используемых в пищевой промышленности. На этом фоне усиливается тенденция к потреблению продуктов, произведённых без эксплуатации животных (cruelty-free). Особенно выражено это среди представителей поколения Z и миллениалов, для которых забота о животных и отказ от насилия становятся частью жизненной философии и потребительского выбора. По результатам опросов [14], до 40–60% молодых потребителей в

развитых странах заявляют, что этические причины являются для них весомым аргументом в пользу растительных альтернатив. Это включает как веганство, так и флекситарианство — гибкий подход, при котором значительно уменьшается потребление продуктов животного происхождения в пользу растительных.

- *Вегетарианство и веганство*

Проведенный анализ литературы [11] выявляет концептуальное различие между вегетарианством и веганством. Веганство характеризуется не только более строгими диетическими ограничениями (полный отказ от любой продукции животного происхождения), но и более глубокой интеграцией в идентичность личности. Для веганов характерны более сильные моральные и просоциальные мотивации, связанные с благополучием животных и экологией, а также более выраженное негативное восприятие со стороны общества («public regard») по сравнению с вегетарианцами. Веганство представляет собой не просто строгую диету, а целостную философию и практику, глубже укорененную в личностной идентичности, нежели вегетарианство.

1.2. Рынки растительных заменителей молока. Развитие технологий производства растительных аналогов молока и молочных продуктов

В целом рынок заменителей молока оценивается в 23,2 миллиарда долларов США. Китай и США являются ведущими рынками альтернативного молока - вместе они составляют более 12,5 миллиарда долларов США. В Европе Германия и Великобритания являются наиболее значительными рынками для заменителей молока [15]. Данные, опубликованные Институтом хорошей пищи (GFI) и Ассоциацией растительных продуктов (PBFA), и основанные на анализе розничных продаж показывают, что рынок растительных заменителей молока в розничной торговле в США в 2024 году оценивался в 8,1 миллиарда долларов. Продажи растительных продуктов в единицах снизились на пять процентов по сравнению с 2023 годом, в то время как доходы упали на четыре процента [14].

Проблемы перенаселения нашей планеты и изменения климата стимулировали поиск альтернативных источников белка для решения проблемы

дефицита продовольствия. Альтернативные белки, такие как белки растительного происхождения, культивируемое мясо и одноклеточные белки (SCPs), требуют меньше природных ресурсов и выбрасывают меньше парниковых газов, чем традиционное животноводство, предлагая более устойчивый подход к удовлетворению растущего мирового спроса на белок [4, 15]. Продажи альтернатив молочным продуктам на растительной основе (PBDAs) росли на протяжении последнего десятилетия и, по прогнозам, будут продолжать расти. Растущая тенденция к снижению потребления продуктов животного происхождения, особенно молочных, способствует экологической устойчивости и улучшению здоровья [16].

Таким образом, исследования в области пищевых технологий сосредоточены на разработке гибридных аналогов продуктов питания, в частности, сыра, включающих растительные компоненты, при этом сохраняя сенсорные и функциональные качества [17]. Аналоги сыра могут быть приготовлены из молока различных животных, например, из овечьего молока с добавлением 0,03% ксантановой камеди и муки из киноа [18].

1.3. Питание и здоровье населения Кыргызской Республики

1.3.1. *Общая характеристика рациона питания населения КР*

По данным исследований ООН перед Кыргызской Республикой стоит серьезная задача по улучшению качества питания населения. Несмотря на достигнутые за последнее десятилетие заметные результаты в профилактике детского недоедания, многие малообеспеченные семьи все еще испытывают трудности с обеспечением продовольственной безопасности и сбалансированного рациона. Неполноценное питание (недоедание) имеет две непосредственные причины: недостаточное потребление питательных веществ и различные заболевания. В стране сохраняется так называемое «тройное бремя», когда во всех социально-экономических слоях одновременно наблюдаются проблемы избыточного веса, дефицита жизненно важных микроэлементов и распространенности неинфекционных заболеваний [19]. Рацион питания

населения Кыргызской Республики характеризуется высокой долей хлебобулочных изделий, картофеля и других углеводсодержащих продуктов, а также значительным потреблением мяса и молочных продуктов, традиционно занимающих важное место в национальной кухне. Овощи и фрукты потребляются преимущественно сезонно, что приводит к их дефициту в зимне-весенний период. Доля бобовых остаётся сравнительно низкой, несмотря на их высокую пищевую ценность. В целом рацион отличается углеводно-белковой направленностью, выраженной сезонностью и зависимостью от социально-экономических условий.

1.3.2. *Социально-экономические и культурные факторы, влияющие на питание*

Питание населения Кыргызской Республики формируется под влиянием комплекса социально-экономических и культурных факторов. Существенное значение имеют уровень доходов и ценовая доступность продуктов: семьи с низким доходом ограничивают потребление мяса, молочных продуктов и овощей, смещая рацион в сторону хлеба и картофеля ввиду постоянного повышения индекса цен на базовые продукты питания. Так по данным Национального статистического комитета в январе-августе 2025г. по сравнению с декабрем 2024г. цены на пищевые продукты и безалкогольные напитки повысились на 7,0 процентов, что обусловлено, в основном, их ростом на свежие фрукты - на 35,6 процента, рыбу - на 12,1 процента, растительные масла - на 11,4 процента, свежее мясо - на 11,0 процентов. При этом ИПЦ на хлебобулочные изделия и крупы составляет 100,5, а на мясо свежее 102,6 и это прямое статистическое подтверждение того, что мясо дорожает гораздо быстрее хлеба. Это и заставляет семьи с низкими доходами пересматривать свой рацион в сторону более дешёвых продуктов [20].

Сезонность сельскохозяйственного производства определяет колебания в потреблении овощей и фруктов. На выбор продуктов также влияют национальные традиции и предпочтения: значительная роль отводится мясу и

молочным продуктам, тогда как бобовые и рыба остаются второстепенными. Урбанизация способствует росту потребления готовых и переработанных продуктов, тогда как в сельской местности сохраняется ориентация на натуральные и домашние продукты.

1.3.3. *Основные проблемы в питании населения Кыргызской Республики*

Белковая недостаточность в рационе населения проявляется снижением потребления высококачественных белков животного происхождения (мясо, рыба, молочные продукты) при недостаточном восполнении их за счёт растительных источников. Наиболее уязвимыми группами являются дети, подростки, беременные и пожилые люди. Дефицит белка ведёт к замедлению роста и развития детей, снижению иммунитета, ухудшению обменных процессов и повышает риск хронических заболеваний. Суточное потребление белка в ряде регионов не достигает рекомендованных норм ВОЗ. Преобладает растительный белок с низкой биологической ценностью. Дефицит животного белка приводит к снижению иммунной защиты, ухудшению состояния мышечной ткани, замедлению роста у детей.

Дефицит микронутриентов является одной из актуальных проблем питания населения Кыргызской Республики. Особую тревогу вызывает повсеместный недостаток фолиевой кислоты (83,2%) и железа (55,9%), который у каждой пятой женщины перерастает в железодефицитную анемию (23,1%). Широкое распространение дефицита витамина D (суммарно 66,7% по выборке) усугубляет и без того тяжелую ситуацию, требуя безотлагательных мер по коррекции пищевого статуса [21]. В ряде регионов сохраняется дефицит йода, несмотря на действующую программу обязательного йодирования соли. Кроме того, отмечается недостаточное поступление витаминов A, D, B12, фолиевой кислоты и цинка [19], что наиболее характерно для групп населения с ограниченным потреблением белковых и свежих продуктов.

Избыточное потребление сахара и жиров стало заметной тенденцией в питании населения Кыргызской Республики. Результаты исследования [22] свидетельствуют о том, что потребление сладких газированных напитков связано с повышением риска развития ожирения на 1,6% как среди мужчин, так и среди женщин. Повышенное потребление простых углеводов (сладостей, кондитерских изделий, сладких напитков) и насыщенных жиров связано с изменением образа жизни, урбанизацией и ростом доли промышленно переработанных продуктов в рационе. Такие особенности питания способствуют увеличению распространённости ожирения, метаболического синдрома, сахарного диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний [19].

Недостаток пищевых волокон является характерной особенностью рациона населения Кыргызской Республики. Из-за низкого и нерегулярного потребления овощей, фруктов и бобовых наблюдается дефицит клетчатки, что отрицательно сказывается на работе желудочно-кишечного тракта, замедляет процессы пищеварения и негативно влияет на состав кишечной микробиоты.

Нерациональное детское питание является одной из важных проблем в стране. В младенческом возрасте часто наблюдается неправильное введение прикорма и однообразный рацион, что ведёт к недоеданию и задержке роста, особенно среди детей сельской местности. Также остаётся нерешённой проблема организации школьного питания: рацион учащихся часто недостаточно разнообразен и не сбалансирован, что может отрицательно сказываться на здоровье и развитии детей.

1.3.4. *Перспективы использования доступных альтернативных полноценных источников питания*

В условиях экономических и региональных ограничений продуктов возрастает необходимость разработки новых, доступных и сбалансированных пищевых продуктов. Одним из перспективных направлений является использование местного растительного сырья, например, фасоли, киноа, нута в составе молочно-растительных продуктов. Такое сочетание позволяет повысить

содержание белка в рационе за счёт дополнения аминокислотного профиля растительных белков, улучшить пищевую ценность за счёт содержания витаминов, минералов и пищевых волокон, а также положительно влиять на работу желудочно-кишечного тракта и микробиоту. Применение местного сырья делает продукты более доступными экономически и снижает зависимость от импортных источников белка, одновременно сохраняя традиционные вкусовые предпочтения населения. Разработка молочно-растительных смесей, паст, напитков и сырных продуктов с добавлением бобовых открывает возможности для создания функциональных продуктов, способствующих улучшению белковой обеспеченности и качества питания населения.

1.4. Фасоль как перспективный компонент молочно-растительных пищевых матриц

1.4.1. *Общая характеристика и классификация фасоли*

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris L.)* (рис. 1.1**)** относится к семейству бобовых (*Fabaceae*) и содержит высокие уровни пищевых волокон (29,32–46,77%), резистентного крахмала (9,16–18,09%) и белка (22,06–32,63%), но низкие уровни липидов (1,05–2,83%) и сахаров (1,55–9,07%) [23].

Рис. 1.1– *Phaseolus vulgaris.*

Важные соединения, присутствующие в фасоли, включают фенольные соединения, токоферолы, пептиды, аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты и минералы, такие как кальций (3 г/кг), железо (40 мг/кг) и цинк (35

мг/кг), которые могут обеспечивать различные биологические эффекты [24]. Согласно исследованию Ванга [25], *Phaseolus vulgaris* обладает потенциалом для улучшения здоровья человека, благодаря антиоксидантным, антиканцерогенным, противовоспалительным, антидиабетическим и кардиозащитным свойствам.

1.4.2. *Производство фасоли в КР*

Белая фасоль, широко культивируемая в Кыргызстане, является богатым источником высококачественного растительного белка, что делает её подходящим компонентом для создания комбинированных молочно-растительных продуктов, включая сырные спреды. Следует отметить, что выращивание фасоли в Кыргызстане является относительно новым направлением. Исторически в южных регионах страны возделывались горох и соя. Однако, начиная с конца 1990-х годов, производство фасоли заметно возросло, особенно в Таласской области. Этот рост, по-видимому, обусловлен целенаправленной ориентацией на международные рынки, такие как Турция [1], где бобовые занимают значительную часть потребительской корзины.

Несмотря на высокое содержание белка и питательную ценность, бобовые потребляются населением Кыргызстана в малых количествах и часто не являются желанным компонентом рациона. Это несоответствие между питательной ценностью бобовых и низким уровнем их потребления может объясняться несколькими факторами: традиционная кыргызская кухня отдает предпочтение другим продуктам питания; культурные пищевые привычки и предпочтения играют значительную роль в выборе пищи и бобовые не занимают видного места в традиционных блюдах; у некоторых людей сложилось негативное восприятие бобовых, возможно, из-за непривлекательного вкуса.

Основным сортом, популярным среди фермеров региона, является белая фасоль (рис. 1.2).

Рис. 1.2 – Сухая белая фасоль

Этот сорт составляет не менее 70% от всех выращиваемых в стране бобовых, что свидетельствует о его значительном доминировании в местном сельском хозяйстве. Белая фасоль пользуется популярностью у фермеров, вероятно, благодаря таким факторам, как высокая потенциальная урожайность, адаптивность к местным условиям выращивания, рыночный спрос и агрономические характеристики, подходящие для возделывания в регионе, что согласуется с анализом цепочки стоимости, проведенным Тилекеевым с соавторами [1].

На сегодняшний день в Кыргызской Республике нет научно-обоснованных технологий переработки фасоли в комбинированные продукты питания. Переработка этой культуры в ценные молочно-белковые продукты или готовые к использованию матрицы для пищевых производств является актуальной и важной задачей в реалиях постоянного дефицита молочного сырья и роста цен на него.

1.4.3. *Технологические свойства белой фасоли и преимущества ее применения в функциональных продуктах*

Гибридные сыры или спреды, производство которых основано на традиционных сыродельных технологических приемах, но с использованием альтернативных источников белка, могут стать новым подходом к

удовлетворению спроса на устойчивые и питательные пищевые продукты. Помимо известных качеств предлагаемых продуктов, современный информированный потребитель обращает внимание на физиологическую функциональность, то есть на их способность приносить пользу для здоровья за счёт улучшения определенных функций организма и снижения риска заболеваний.

Молочные продукты составляют 65-70% всего рынка функциональных продуктов питания благодаря практически неограниченной возможности введения в состав молока источников физиологически функциональных ингредиентов. Кроме того, само молоко содержит ФФИ, наиболее ценным из которых является белок. Доказано, что белки молока способны доставить полифенолы в отделы желудочно-кишечного тракта [26] . В этом аспекте были разработаны свежие пребиотические сырные спреды, обогащенные агавовым инулином (АИ), тимьяном (*Thymus callieri Borbás ex Velen*.) и ягодами боярышника (*Crataegus monogyna Jacq.),* которые являются растительными источниками биологически активных соединений [27]. Микрозелень краснокочанной капусты (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) и семена льна (*Linum usitatissimum*) также использованы в качестве растительных компонентов в составе сырных спредов [28]. Сывороточные белки также могут выступать в качестве основы для спредов, стабилизированных крахмалом и желатином [29]. Спреды могут быть полностью растительными. Основными ингредиентами веганского сырного спреда являются порошок из семян джекфрута (близкий родственник хлебного дерева), ядра кешью и подсолнечное масло [30].

Некоторые растительные белки, такие как белки сои и орехов, часто используются для замены казеина молока. Однако, несмотря на технологические свойства и их потенциальные преимущества, существует недостаток комплексных знаний и исследований по производству молочной матрицы (ММ) с включением некоторых компонентов белой фасоли. К трудностям может относиться достижение желаемой текстуры и вкуса при сохранении питательной ценности конечного продукта [31].

Несмотря на преимущества, использование фасоли представляет технологическую сложность и требует особого контроля из-за наличия фитогемагглютинина — природного токсина сырой фасоли, который может вызывать желудочно-кишечные расстройства при недостаточной термической обработке продукта [32]. Кроме того, вкус и текстура экстракта фасоли могут не понравиться всем потребителям [33]. Айиви и др. (2022) [34] утверждают, что ферментация может улучшить вкус и питательные свойства, способствуя более густой консистенции и гладкой текстуре благодаря образованию полисахаридов и других метаболитов в процессе ферментации. Более того, пробиотические штаммы микроорганизмов, присутствующие в закваске, могут влиять на текстуру и консистенцию ферментированного напитка, подавлять развитие микроорганизмов, вызывающих порчу, тем самым повышая безопасность и потенциально продлевая срок хранения продукта. Введение пробиотиков также улучшает здоровье человека за счет присутствия живых полезных бактерий [34].

Учитывая, что белая фасоль является самой распространенной, доступной и предпочтительной культурой в Кыргызстане, которая не уступает другим видам фасоли по пищевой, биологической ценности, имеет потенциал высоких объёмов производства, а также менее выраженный бобовый аромат и светлый цвет, она была выбрана объектом наших исследований.

Целью настоящего исследования является изучение физико-химических, сенсорных и микробиологических характеристик ферментированных напитков и молочных матриц, полученных из экстракта белой фасоли, коровьего молока и их смесей.

В задачи проведенного нами исследования входило следующее:

1. Подобрать оптимальные параметры получения и модификации экстракта из семян белой фасоли (*Phaseolus vulgaris L.)* для последующего его использования в составе ферментированных напитков и белковых матриц.

2. Исследовать физико-химические свойства исходных компонентов (экстракта белой фасоли, коровьего молока) и их смесей в различных пропорциях.
3. Разработать технологические режимы производства ферментированных напитков и белковых матриц на основе экстракта белой фасоли, коровьего молока и их композиций.
4. Определить физико-химические, сенсорные и микробиологические характеристики ферментированных молочно-растительных напитков и молочных матриц, произведенных на основе экстракта белой фасоли, коровьего молока и их смесей.
5. Оптимизировать рецептуру молочно-растительных композиций с наилучшими физико-химическими и сенсорными характеристиками и технологические решения, обеспечивающие получение готовых продуктов питания с целевыми потребительскими свойствами и максимальной пищевой ценностью.
6. Разработать способы применения вторичных продуктов переработки фасоли.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Сырье и ингредиенты

- Сушеная зрелая белая фасоль (*Phaseolus vulgaris L.)* урожая 2023 года была приобретена на рынке г. Талас (Кыргызстан) со следующим компонентным составом 18,2% влаги, 18,0% белка, 1,5% жира, 53,9% углеводов, 6,6% сырой клетчатки (ГОСТ 7758-2020).
- Пастеризованное коровье молоко (КМ), содержащее 3,12% жира, 3,45% белка, 4,57% лактозы, pH 6,70 было приобретено на местном рынке в г. Каунас (Литва).
- Коммерческая концентрированная лиофилизованная закваска Lactoferm ABT 9 для прямого внесения (DVS), состоящая из комбинации *Streptococcus thermophilus* и культур пробиотического типа *Bifidobacterium bifidum* и *Lactobacillus acidophilus*, была поставлена компанией Biochem s.r.l. (Италия). Закваску хранили в лиофилизованной форме при температуре − 22°C до использования.
- Раствор $CaCl_2$ (40%) был приготовлен перед использованием из безводного хлорида кальция (Sigma Aldrich, Германия).

Все реагенты, используемые для лабораторного анализа, имели степень чистоты U.S.P. или выше. Все растворители, включая воду, соответствовали стандарту LC/MS.

2.2. Определение состава исследуемых образцов

Массовую долю жиров, углеводов, азота и белков в образцах ФЭБФ, ФКМ и ФМРН определяли в соответствии со стандартными методами: 92/608/ЕЭС:1992 [35], ISO 22184:2021 [36] и ISO 8968-3:2004 [37]. Содержание золы устанавливали гравиметрическим методом прокаливания в муфельной печи при 550°C по методике AOAC (2023) [38].

Состав дибелкового матрикса (ДБМ) и контрольного образца МКМ (массовую долю сухих веществ, жира, белка, золы и углеводов) определяли на 1-е сутки в соответствии с установленными методами, такими как ISO 5534:2004 [39], ISO 1735:2004 [40], ISO 22662 [41] и ISO 8968-3:2004 [37].

2.3. Определение аминокислотного профиля

Анализ аминокислотного состава образцов проводили в соответствии со стандартом ISO 13903:2005 [42] с некоторыми модификациями, методом ультрабыстрой жидкостной хроматографии (UFLC) с автоматической дериватизацией о-фталевым альдегидом (OPA)/9-флуоренилметилхлороксикарбонил (FMOC)/меркаптопропионовой кислотой (MERC). Для данного анализа использовали стандартные растворы аминокислот, включая аланин, аспарагиновую кислоту, аргинин, цистин, глицин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, серин, пролин, метионин, глютаминовую кислоту, фенилаланин, лизин, гистидин, тирозин, аспарагин и триптофан (A9781, Sigma-Aldrich, Дармштадт, Германия).

Для начала анализа каждый образец (приблизительно 0,4 г) подвергали гидролизу 25 $см^3$ 6M HCl в течение 24 часов при 103 °C. Полученное содержимое количественно переносили в колбу на 250 $см^3$ с использованием 150–200 $см^3$ раствора 0,2 моль Na+/л с pH 2,20, содержащего дигидрат тринатрийцитрата. Полученный гидролизат частично нейтрализовали путем постепенного добавления 17 $см^3$ 7,5 н. раствора гидроксида натрия при непрерывном перемешивании, обеспечивая поддержание температуры ниже 40 °C (в холодной водяной бане). Значение pH доводили до 2,20 при комнатной температуре с помощью раствора гидроксида натрия (7,5 н.). Перед инъекцией все образцы фильтровали через фильтры 0,45 мкм.

Разделение аминокислот проводили с использованием колонки для UHPLC YMC-Triart C18 (1,9 cc, YMC Co. Ltd., Киото, Токио) на приборе UFLC (Shimadzu, Япония), оборудованном флуоресцентным детектором RF-20Axs и функцией предварительной обработки с автоматическим дозатором SIL-30AC

(Shimadzu, Киото, Япония). Условия анализа были следующими: подвижная фаза, состоящая из растворителя А (20 ммоль/л фосфатный буфер калия, pH 6,5) и растворителя В (ацетонитрил/метанол/вода в соотношении 45/40/15); скорость потока — 0,5 $см^3$/мин; температура колонки — 45 °C; длины волн детектирования: RF-20Axs, возбуждение при 350 нм, излучение при 450 нм; возбуждение при 266 нм, излучение при 305 нм (9,0 мин). Использовали калибровочный набор из пяти уровней, охватывающий диапазон концентраций 9,375–150,00 мкмоль/л, за исключением цистеина, для которого диапазон концентраций составлял 8,08–75,00 мкмоль/л.

2.4. Определение pH и содержания молочной кислоты

Показатель pH измеряли с помощью портативного pH-метра (Sartorius Professional meter for pH Measurement, Германия), погружая электрод непосредственно в образец. Для каждого варианта проводили по три измерения при комнатной температуре в двух параллельных экспериментах.

Процентное содержание молочной кислоты в образцах ФМРН определяли в соответствии со стандартом ISO 11869:2012 [43].

2.5. Определение цветности

Цветовые значения ФМРН и ДБМ образцов определяли с помощью портативного цветового измерителя PCE-CSM5 (PCE instruments, Великобритания) по стандартному варианту измерения CIE **L* a* b* c* h*. L*** относится к светлоте, **a*** — к красноте/зелености, **b*** — к желтизне/голубизне, **h*** (угол оттенка) — к степени доминирующей спектральной составляющей (красный, зеленый или синий) от 0^o до 360^o, а **c*** (цветность) — к насыщенности цвета. Калибровку перед измерением проводили с помощью белой стандартной пластины. Измерения цвета проводили с помощью зеркального отражателя, оснащенного источником света D65, углом обзора 10° и отверстием 8 мм. Каждый перемешанный образец (40 $см^3$) помещали в чашку Петри (диаметр 90 мм) и проводили 3 измерения с интервалом в 3 с при температуре около 20 °C. Позже измерения были усреднены для каждого образца.

Общую разницу цветов (ΔE) при хранении образца рассчитывали следующим образом [44]:

$$\Delta E = [(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2]^{1/2}, \quad (2.1),$$

где $\mathbf{L_0}$, $\mathbf{a_0}$ и $\mathbf{b_0}$ — значения 1-го дня и **L**, **a** и **b** – значения последующих измерений во время хранения продукта.

2.6. Определение реологических свойств

Измерения вязкости проводили с помощью ротационного реометра RheolabQC (Anton Paar, Германия), оснащенного гибким подстаканником и зондом типа CC17 [45]. Перед проведением измерений реометр был откалиброван в соответствии с инструкцией производителя. Ненарушенные ферментированные сгустки (образцы) в мензурках объемом 100 $см^3$ извлекали непосредственно из холодильника, где поддерживалась температура 4 ± 2 °C.

Измерения проводили в двух параллельных определениях при комнатной температуре (20 ± 2 °C), при этом для каждого измерения использовали новую мензурку с образцом из холодильника. Скорость сдвига плавно увеличивалась от 1 $с^{-1}$ до 100 $с^{-1}$ с регистрацией показателей каждые 2 секунды в течение 200 секунд. Данные регистрировали с использованием программного обеспечения RheoCompass (версия 1.12.423). Параметры кажущейся вязкости и скорости сдвига аппроксимировали степенным законом:

$$\eta = K \cdot (\dot{\gamma})^n \quad (2.2),$$

где:

η - кажущаяся вязкость, Па·с;

K - индекс консистенции, $Па \cdot с^n$;

$\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, $с^{-1}$;

n - индекс течения.

2.7. Определение сенсорного профиля

Для оценки сенсорных характеристик образцов был проведен количественный описательный анализ (КДА) в соответствии с методологией, описанной в ISO 11136:2014 [46]. Это исследование проводили в соответствии с этическими принципами, получив одобрение Комитета по этике исследований Литовского университета наук о здоровье, и информированное согласие участников было получено до начала этого исследования. Частично обученная группа из 8 человек была выбрана на основе определенных критериев, включая возрастной диапазон (25–45 лет), отсутствие известных сенсорных нарушений и предыдущий опыт сенсорной оценки. До начала этого исследования участники прошли повторное обучение в течение трех сессий, чтобы ознакомиться с процессом сенсорной оценки, уделяя особое внимание использованию шкалы интенсивности от 1 до 10 для оценки сенсорных характеристик. Обучение включало в себя введение в сенсорную оценку, ознакомление с дескрипторами и практические упражнения, в ходе которых участники дискуссии оценивали стандартные эталонные образцы для калибровки своего сенсорного восприятия. После оценки КДА был проведен статистический анализ для проверки избирательной способности, повторяемости и воспроизводимости панели. Анализ включал в себя тесты для оценки способности комиссии различать образцы, а оценку повторяемости и воспроизводимости проводили в течение двух дегустационных сессий в качестве реплик для обеспечения согласованности в рейтингах, предоставленных членами комиссии.

2.8. Оценка микробиологического профиля

Для микробиологического анализа ферментированных молочно-растительных напитков отбирали пробы объемом 1 $см^3$ на 1, 7, 14, 21 и 28 сутки холодильного хранения. Пробы разбавляли в 9 $см^3$ стерильного физиологического раствора хлорида натрия (Sigma, Швеция), перемешивали и готовили серийные десятикратные разведения.

Учет количества *Streptococcus thermophilus* (ST) проводили методом глубинного посева с аэробной инкубацией при 37 °C в течение 72 часов на агаре M17 (Oxoid, Англия), обогащенном 10% (масса/объем) раствором лактозы (Sigma-Aldrich, Нидерланды) [47].

Количество *Bifidobacterium bifidum* (BB) учитывали на агаре TOS-пропионат (Sigma-Aldrich, Индия), обогащенном селективной добавкой Microbiology MUP (Merck, Германия), после анаэробной инкубации при 37 °C в течение 72 часов [48].

Количество *Lactobacillus acidophilus* (LA) учитывали на агаре MRS (Sigma-Aldrich, Шаффхаузен, Швейцария), обогащенном 0,1 мг/л клиндамицина и 10 мг/л ципрофлоксацина, после анаэробной инкубации при 37 °C в течение 72 часов [49]. Анаэробные условия создавали с помощью системы AnaeroGen (Oxoid, Токио, Япония).

Количество энтеробактерий учитывали после инкубации в течение 24 часов при 37 °C на агаре с желчным красным кристаллическим фиолетовым и глюкозой (Violet Red Bile Glucose Agar) (Oxoid, Уэйд-Роуд, Бейзингсток, Хэмпшир RG24 8PW, Великобритания) [50].

Количество колиформных бактерий определяли на агаре с желчным красным кристаллическим фиолетом (Violet Red Bile Agar) (Sigma-Aldrich, Бангалор, Индия) после инкубации в течение 24 часов при 37 °C [51] .

Дрожжи и плесневые грибы учитывали после инкубации в течение 5 суток при 25 °C на картофельно-декстрозном агаре (Oxoid, Уэйд-Роуд, Бейзингсток, Хэмпшир RG24 8PW, Великобритания), подкисленном стерильным 10% раствором молочной кислоты (Liofilchem, Розето-дельи-Абруцци, Италия) для подавления роста бактерий [52].

2.9. Определение микроструктуры

Микроструктурный анализ образцов проводили в соответствии с процедурой, описанной в [53], с некоторыми корректировками. Использован

сканирующий электронный микроскоп "Mira3" (SEM, Tescan Orsay Holding, a.s., Брно-Когоутовице, Чехия). Ферментированные напитки лиофилизовали с помощью сублимационной сушилки, установленной на кремниевой пластине диаметром 51 мм (MicrotoNano, Харлем, Нидерланды) без двусторонних адгезивных углеродных дисков. Кремний был выбран в качестве подложки из-за преобладания элементов CHON в органических образцах, что сводит к минимуму элементы, которые могут исказить результаты и улучшить соотношение сигнал/шум. Сканирующий электронный микроскоп (SEM) работал в режиме высокого вакуума с использованием детекторов обратного рассеяния электронов (BSE) и вторичных электронов (SE). Увеличение установлено до 1,0 кх. (т.е. 1000-кратное увеличение) для точных размерных измерений и анализа элементного состава при ускоренном напряжении 5 кВ.

2.10. Статистические методы анализа

Обработку и анализ данных проводили с помощью статистического пакета SPSS (SPSS Inc., версия 24, Чикаго, Иллинойс, США). Для анализа данных использовали описательную статистику (Explore) и двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Различия между средними значениями оценивали с помощью теста Тьюки. Статистический анализ проводился на уровне значимости 95%.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Экстрагирование белой фасоли

Приготовление экстракта белой фасоли осуществлялось в соответствии с методологией исследования, модифицированной в сравнении с процессом, используемым для соевого молока [54]. Технологическая схема приготовления бобового экстракта представлена на рис. 3.1.

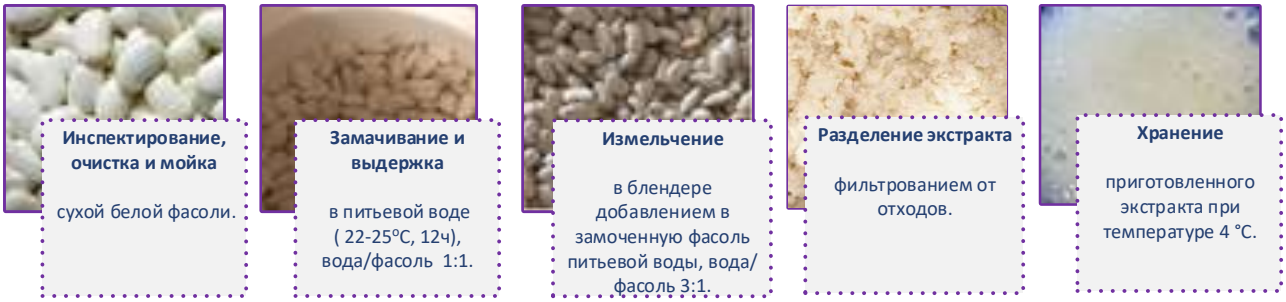


Рис. 3.1– Технологическая схема приготовления водного ЭБФ

Белая фасоль массой 500 г была замочена на 12 часов в 500 л водопроводной воды комнатной температуры (соотношение воды и фасоли 1:1). Затем гидратированную белую фасоль осушили, промыли и измельчили в водопроводной воде течение 3 минут с помощью ручного блендера ErgoMixx 1000 Вт (Bosch, Германия), поддерживая соотношение воды и замоченной белой фасоли 3:1. Полученную водно-фасолевую массу фильтровали через муслиновую ткань для отделения нерастворимого остатка и экстракт (углеводы 3,53%, жиры 0,16%, белки 2,08%, зола 0,32%) немедленно использовали в составе смесей для дальнейших исследований.

Табл. 3.1. представляет два последовательных этапа обработки белой фасоли для получения экстракта (гидратации и экстракции белой фасоли) с выходом промежуточных и конечных продуктов:

Таблица 3.1 − Выход экстракта белой фасоли

Параметры	Гидратация	Экстракция
Исходное сырье	500 г сушеной белой фасоли	1000 г замоченной белой фасоли
Добавленная вода	500 см³	3000 см³
Полученный продукт	1000 г замоченной фасоли	3400 г экстракта (ЭБФ) + 600 г жмыха

На первом этапе при гидратации масса сухой фасоли удваивается, подготавливая её к экстракции. На втором — замоченная фасоль обрабатывали большим объёмом воды, что даёт 3400 г жидкого экстракта (ЭБФ) и 600 г жмыха, содержащего нерастворимые компоненты.

3.2. Технологические свойства экстракта белой фасоли и его смесей с коровьим молоком

На первом этапе исследований был осуществлён скрининг различных способов осаждения белка для оценки потенциала использования ЭБФ в технологии молочно-растительных продуктов. В качестве базовых способов были выбраны воздействие пробиотическими культурами, методы кислотной, кислотно-сычужной и хлоркальциевой коагуляции.

3.2.1. *Кислотная коагуляция белков ЭБФ и его смесей с коровьим молоком*

Был проведен ряд пробных испытаний по кислотному осаждению белков сырого и подвергнутого тепловой обработке экстракта белой фасоли и его смесей с молоком (150см^3) путем прибавления 9% уксусной кислоты в смесь при температуре 95^{o}C (табл. 3.2).

Таблица 3.2 − Характеристика полученных сгустков

№	Образец	Сгусток
1	ЭБФ сырой	отсутствует
2	ЭБФ пастеризованный	отсутствует
3	ЭБФ+КМ (25%:75%)	Сгусток мягкий, нежный
4	ЭБФ+КМ (50%:50%)	Сгусток плотный, но мягче чем 5-ый образец
5	КМ	Сгусток плотный, с выделением прозрачной сыворотки

В табл. 3.2. наглядно показано, что белки водных экстрактов белой фасоли (ЭБФ), как сырых, так и прошедших тепловую обработку (пастеризованных), не способны осаждаться под действием уксусной кислоты даже при оптимальных для коагуляции многих растительных белков условиях (t=95°C, pH 4.5-4.7). Это означает, что белки белкой фасоли в данной форме и концентрации либо не обладают достаточной способностью к кислотной денатурации и образованию пространственной структуры, либо для их осаждения требуются иные условия (например, предварительная ферментативная обработка, использование солей для осаждения, значительное увеличение концентрации белка).

3.2.2. *Кислотно-сычужная коагуляция белков фасоли и их смеси с казеином*

Дальнейшие попытки коагуляции белков фасоли продолжили с добавлением в водный экстракт белой фасоли уксусной кислоты и сычужного фермента. В смеси и контрольные образцы 150 $см^3$ помимо 9%-ной уксусной кислоты добавляли сычужный фермент (Reniplus, Испания) по 1 г при температуре 32°C. Полученные данные (табл. 3.3.) показывают коагуляционное поведение образцов.

Таблица 3.3 – Характеристика полученных сгустков

№	Образец	Сгусток
1	ЭБФ сырой	отсутствует
2	ЭБФ пастеризованный	отсутствует
3	ЭБФ+КМ (25%:75%)	Сгусток мягкий
4	ЭБФ+КМ (50%:50%)	Сгусток мягкий, мелкозернистый
5	КМ	Сгусток плотный, зернистый

Комбинированное воздействие кислоты и сычужного фермента при температуре 32°С не привело к коагуляции чистого экстракта белой фасоли (ЭБФ), но обеспечило образование сгустка во всех смесях с коровьим молоком (КМ).

3.2.3. *Биотрансформация молочно-растительных смесей под действием лактобактерий*

Использование лактобактерий для ферментации молочно-растительных смесей обусловлено их способностью инициировать комплексные биохимические изменения: сбраживать лактозу с образованием молочной кислоты, доводить среду до изоэлектрической точки казеина, а также частично гидролизовать белки, повышая их усвояемость.

В развитие предыдущих экспериментов следующим этапом стало исследование возможности ферментативной трансформации молочно-растительных смесей под действием лактобактерий. Ферментация рассматривалась как мягкий биотехнологический способ структурирования белковой системы и придания продукту пробиотических свойств.

Различные смеси ЭБФ и КМ пастеризовали при 92°С, затем охлаждали до 45°С, заквашивали пробиотической закваской прямого внесения АБТ 9 и оставляли на сквашивание, наблюдая за образованием сгустка (табл. 3.4).

Таблица 3.4 − Характеристика полученных сгустков

№	Образец	Сгусток
1	ЭБФ+КМ (50%:50%)	Слабый сгусток образовался через 2ч, через 3ч образовался нежный, однородный сгусток, наблюдали синерезис
2	ЭБФ+КМ (40%:60%)	Сгусток образовался через 4 часа, нежный, мягкий. Наблюдалось обильное выделение сыворотки
3	ЭБФ+КМ (30%:70%)	Сгусток образовался через 4 часа, нежный, более плотный с выделением сыворотки

Результаты продемонстрировали во всех образцах интенсификацию процесса сквашивания при добавлении ЭБФ к молоку перед сквашиванием, что имеет важное значение в технологии кисломолочных продуктов. Все образцы перенесены в холодильник через 4 часа после сквашивания. А также ферментированные продукты показывали хорошие органолептические свойства.

3.2.4. *Хлоркальциевое осаждение белков молочно-растительных смесей*

Известно, что ионы кальция играют ключевую роль в процессах структурообразования белковых систем, способствуя формированию более плотных и устойчивых сгустков за счёт образования кальциевых мостиков между белковыми молекулами. В связи с этим представляло интерес оценить эффективность хлоркальциевого осаждения для белков экстракта белой фасоли как самостоятельно, так и в сочетании с молочными белками.

Смеси и контрольные образцы объемом 150 см³ доводили до температуры 92°С, медленно при перемешивании вносили 4 см³ 40%-ного раствора хлористого кальция. Полученные сгустки фильтровали муслиновой тканью и

оставляли на самопрессование при комнатной температуре до полного прекращения выделения сыворотки.

Табл. 3.5. показывает выход образцов в зависимости от соотношения коровьего молока и экстракта белой фасоли при хлоркальциевом осаждении.

Таблица 3.5 − Характеристика и выход полученных сгустков

Соотношение ЭБФ:КМ	50%:50%	40%:60%	30%:70%
Выход, г	68	77	80
Расход 40% раствора $CaCl_2$, $см^3$	4	4	4

Смеси с содержанием ЭБФ свыше 50% сгусток не давали при добавлении 40%-ного раствора хлористого кальция. Чем выше содержание ЭБФ, тем сгусток имел более вязкую, кашеобразную консистенцию, тогда как повышение содержания КМ давал зернистый сгусток благодаря казеину молока.

Применение хлорида кальция ($CaCl_2$) в качестве осаждающего агента позволяет получить сгусток из смесей экстракта белой фасоли (ЭБФ) и коровьего молока (КМ). Выход осадка напрямую зависит от соотношения компонентов в смеси: чем выше доля молока, тем больше выход продукта. Основным объектом осаждения хлоридом кальция в данных смесях, по-видимому, является казеин молока. Нужно отметить, что сыворотка, полученная данным методом, отличалась сильной горечью и неприятным вкусом, что может быть результатом высвобождения из белков фасоли (или даже молока) горьких пептидов, а также переходом в сыворотку сапонинов, полифенолов и продуктов окисления, которые имеют горький вкус и могут переходить в сыворотку.

Проведённые предварительные испытания продемонстрировали, что создание белкового коагулята исключительно из водного экстракта белой фасоли (ЭБФ) с использованием классических методов кислотной, кислотно-сычужной и хлоркальциевой коагуляции, применяемых для осаждения молочных белков, не представляется возможным. Однако была выявлена

перспектива разработки комбинированных молочно-растительных продуктов. Исследования показали, что хлоркальциевое осаждение дает наиболее воспроизводимые результаты для смесей, где доля коровьего молока (КМ) превышала 50%. Вызывают интерес и требуют дальнейшего изучения вопросы, связанные с процессами биотрансформации молочно-растительных смесей, в том числе, рост и развитие пробиотической микрофлоры.

На основании полученных выше данных для углублённого системного исследования была сформулирована новая экспериментальная схема. Её цель — установление чёткой зависимости между составом смеси и её коагуляционными свойствами; определить наиболее приемлемые составы смесей, обеспечивающие стабильную коагуляцию; на основе выбранного состава создать молочно-растительный ферментированный напиток с последующим изучением жизнеспособности пробиотических культур в нём при холодильном хранении; на основе выбранного состава создать дибелковый матрикс (ДБМ) методом хлоркальциевого осаждения и исследовать его свойства; разработать молочно-растительные продукты из полученных матриц и их вторичного сырья.

При этом далее использовать следующие обозначения и их характеристики:

- Контрольные образцы:

I. КМ 100% / ЭБФ 0% – контрольный образец для оценки свойств чистого молока.

II. КМ 0% / ЭБФ 100% – контрольный образец для оценки свойств чистого экстракта белой фасоли.

- Экспериментальные смеси (исследуемый диапазон):

I. (30% КМ / 70% ЭБФ) – смесь с преобладанием растительного компонента для проверки нижнего порога.

II. (50% КМ / 50% ЭБФ) – смесь для определения критического соотношения компонентов, обеспечивающего образование структурно-стабильного сгустка.

III. (70% КМ / 30% ЭБФ) – смесь, максимально приближенная к молочному продукту и предполагающая наилучшие технологические показатели.

Выбранный диапазон соотношений ЭБФ и КМ позволяет решить две взаимосвязанные задачи: определить оптимальный состав для целевого продукта и выявить фундаментальные закономерности межбелковых взаимодействий в процессе коагуляции.

3.3. Разработка технологии ферментированных пробиотическими культурами молочно-растительных напитков

Ещё более века назад Илья Мечников — русский учёный, лауреат Нобелевской премии и профессор Пастеровского института — постулировал, что молочнокислые бактерии способствуют здоровью и долголетию. Он предположил, что «кишечная аутоинтоксикация», вызывающая старение, может быть ослаблена путём модификации микробиоты: замещения протеолитических микробов, продуцирующих токсичные фенолы, индолы и аммиак, на полезные микроорганизмы. Для реализации этой идеи Мечников разработал диету с включением молока, ферментированного «Болгарской бациллой» [55].

В современном понимании пробиотики — это живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах оказывают положительное влияние на здоровье хозяина. Пребиотики представляют собой селективно ферментируемые ингредиенты, вызывающие специфические изменения в составе и/или активности кишечной микробиоты, что приносит пользу здоровью. Синбиотиками называют продукты, содержащие как пробиотики, так и пребиотики [56].

Функции и пробиотиков, и пребиотиков пересекаются с микробами, колонизирующими человеческий организм. Пребиотики служат источником

питания для полезных членов симбиотического микробного содружества и, следовательно, положительно влияют на состояние здоровья. Перекрестные действия между пробиотиками и клетками хозяина, или между пробиотиками и присутствующими микробами, представляют собой главные средства влияния на здоровье хозяина [55].

Белая фасоль характеризуется высоким содержанием пищевых волокон и резистентного крахмала, что обусловливает её пребиотические свойства. Данные компоненты служат субстратом для роста полезной кишечной микробиоты, стимулируя её пролиферацию. Поддерживая здоровый баланс микрофлоры, фасоль опосредованно участвует в регуляции иммунных и воспалительных реакций организма [57].

Благодаря содержанию в экстракте белой фасоли природных пребиотических компонентов — пищевых волокон и олигосахаридов, — разрабатываемые ферментированные пробиотическими культурами молочно-растительные напитки могут рассматриваться как синбиотические продукты, сочетающие полезные микроорганизмы и пребиотический потенциал растительного сырья.

3.3.1. *Рецептура, технология и характеристика целевых напитков*

Данное исследование направлено на отработку технологических параметров выработки и определение физико-химических, сенсорных и микробиологических характеристик ферментированных молочно-растительных напитков, произведенных на основе экстракта белой фасоли, коровьего молока и их смесей. Из различных соотношений коровьего молока (КМ) и экстракта белой фасоли (ЭБФ) приготовили три варианта смеси: ФМРН1 (КМ 30%, ЭБФ 70%), ФМРН2 (КМ 50%, ЭБФ 50%), ФМРН3 (КМ 70%, ЭБФ 30%). Эти смеси сравнивали с чистым ферментированным экстрактом белой фасоли ФЭБФ (КМ 0%, ЭБФ 100%) и ферментированным напитком из чистого коровьего молока ФКМ (КМ 100%, ЭБФ 0%) для оценки влияния соотношений КМ и ЭБФ на

физико-химические и микробиологические характеристики ферментированных напитков после приготовления, а также в процессе холодильного хранения. Следуя модифицированной методике Uju и др., (2019) [54], смеси подвергали пастеризации на водяной бане при температуре 92 °C в течение 25 минут. После охлаждения до 43°C образцы заквашивали пробиотической закваской и инкубировали при этой же температуре до достижения pH 4,4–4,5 и получения достаточно плотного сгустка без отделения сыворотки. Сквашенные образцы хранили при 4 °C и использовали для дальнейших исследований (рис. 3.2).

Рис. 3.2 – Технологическая схема приготовления ФМРН

Состав всех пяти образцов ферментированного напитка, их органолептические свойства, аминокислотный профиль и микроструктуру определяли сразу после приготовления образцов.

Состав ферментированных напитков

Табл. 3.6. представляет данные о пищевой ценности ферментированных напитков.

Таблица 3.6 – Состав ферментированных напитков

Тип напитка	Углеводы, %	Жиры, %	Белки, %	Зола, %
ФЭБФ	2.14±0.01^{a}	0.11±0.01^{a}	1.45±0.02^{a}	0.24±0.03^{a}
ФМРН 1	3.28±0.01^{b}	0.95±0.06^{b}	2.12±0.03^{b}	0.43±0.03^{b}
ФМРН 2	3.58 ±0.01^{c}	1.60±0.03^{c}	2.54±0.32^{c}	0.53±0.03^{c}
ФМРН 3	4.39±0.01^{d}	2.24±0.03^{d}	2.82±0.04^{c}	0.62±0.02^{d}
ФКМ	4.63±0.01^{e}	2.84±0.10^{e}	3.32±0.02^{d}	0.71±0.03^{e}

Значения, обозначенные разными строчными буквами в верхнем индексе, указывают на статистически значимые ($p \leq 0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

Пищевая ценность ферментированного напитка из фасолевого экстракта (ФЭБФ) была достоверно ниже, чем у ферментированного коровьего молока (ФКМ), и содержала меньшее количество углеводов, белков и, в особенности, жиров. Образцы, приготовленные на основе смесей молока, занимали промежуточное положение по своему составу.

Состав ЭБФ в данном исследовании аналогичен описанному Aydar и др. (2023) [58], где экстракт фасоли красной содержал 2,32 ± 0,20 % белка, 0,4 ± 0,0 % жира и 3,00 ± 0,02 % общих сухих веществ, и Zahir и др. (2024) [59], которые отмечали, что экстракт белой фасоли содержит 2,62 % белка, 0,29 % жира и 0,92 % золы. Meghrabi и др. (2023) [31] обнаружили значительно высокие уровни питательных веществ (углеводы – 6,41 %; жир – 0,79 %, белок – 3,77 % и зола – 1,20 %) в экстракте белой фасоли из бобов, выращенных в Иордании. Эти различия в составе могут быть обусловлены разными методами приготовления, сортовыми особенностями бобов, климатическими условиями и т.д. Согласно Aydar и др. (2023) [58], молокоподобные растительные экстракты, как правило, содержат меньше жира, что делает их хорошим решением для тех, кто ищет альтернативы с пониженным содержанием жира. Кроме того, растительные экстракты содержат пищевые волокна, хотя в целом в них меньше белка (за исключением соевого молока) [60].

Ферментация молочнокислыми бактериями (МКБ) повлияла на состав исходного экстракта белой фасоли (ЭБФ), приведя к снижению содержания углеводов и белков. Снижение содержания питательных веществ в первую очередь связано с тем, что микроорганизмы утилизируют углеводы в качестве источника углерода для производства кислот, которые снижают pH [59]. МКБ также могут продуцировать протеолитические ферменты, поскольку для роста им требуется множество свободных аминокислот. Протеолитическая активность различных штаммов МКБ может сильно различаться [61]. Emkani и др. (2021) [62] обнаружили протеолиз в экстракте гороха после ферментации с

использованием *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium lactis* по отдельности или в совместной закваске.

Многие растительные альтернативы ферментированным молочным напиткам естественным образом содержат мало жиров и углеводов, что делает их привлекательной опцией для лиц, стремящихся контролировать свой вес или рацион питания [51,52]. Однако исследования показывают, что альтернативы йогурту могут различаться по своей пищевой ценности. Хотя продаваемые на рынке растительные заменители молока могут содержать меньше жиров и углеводов по сравнению с коровьим молоком, некоторые виды, такие как миндальное, соевое, овсяное и кокосовое, на самом деле могут быть богаче макронутриентами, при этом конкретный питательный профиль зависит от типа растительного заменителя молока [63]. В этом отношении экстракт фасоли может быть полезен для людей, придерживающихся низкоуглеводной диеты или контролирующих уровень сахара в крови, а также следящих за своим весом и уровнем холестерина, поскольку он от природы содержит мало жиров и углеводов, являясь при этом растительной альтернативой ферментированным молочным напиткам [64].

Для улучшения питательного профиля напитков из фасоли их можно производить из смесей различных растительных экстрактов, подобных молоку, чтобы компенсировать индивидуальные недостатки и создать питательные профили, сопоставимые с ферментированными молочными напитками [65].

Аминокислотный анализ

Для оценки биологической ценности разработанных нами молочно-фасолевых напитков определен их аминокислотный профиль. В табл. 3.7. приведен аминокислотный состав ферментированных напитков.

Таблица 3.7 − Аминокислотный состав ферментированных напитков

Аминокислоты	ФЭБФ	ФМРН1	ФМРН2	ФМРН3	ФКМ
1	2	3	4	5	6
Аспарагиновая кислота	0.23±0.02^{a}	0.21±0.01^{ab}	0.24±0.02^{a}	0.27±0.01^{a}	0.28±0.03^{ac}
Глютаминовая кислота	0.28±0.03^{a}	0.38±0.02^{ab}	0.48±0.03^{b}	0.60±0.02^{c}	0.67±0.08^{c}
Серин	0.11±0.01^{a}	0.12±0.01^{a}	0.13±0.01^{ac}	0.16±0.01^{bc}	0.17±0.02^{b}
Гистидин	0.02±0.00^{a}	0.03±0.01^{a}	0.04±0.01^{a}	0.04±0.01^{a}	0.07±0.01^{b}
Глицин	0.06±0.01^{a}	0.05±0.00^{a}	0.05±0.00^{a}	0.05±0.00^{a}	0.05±0.01^{a}
1	2	3	4	5	6
Треонин	0.08±0.01^{a}	0.10±0.01^{ab}	0.12±0.01^{bc}	0.14±0.00^{cb}	0.15±0.02^{c}
Аргинин	0.10±0.01^{a}	0.10±0.01^{a}	0.10±0.01^{a}	0.11±0.00^{a}	0.11±0.01^{a}
Аланин	0.07±0.01^{a}	0.08±0.01^{a}	0.08±0.00^{ab}	0.10±0.00^{b}	0.10±0.01^{b}
Тирозин	0.06±0.01^{a}	0.08±0.00^{ab}	0.10±0.01^{b}	0.13±0.01^{cb}	0.15±0.02^{c}
Цистеин	0.03±0.00^{a}	0.04±0.01^{a}	0.10±0.00^{b}	0.06±0.01^{c}	0.11±0.01^{b}
Валин	0.07±0.01^{a}	0.09±0.01^{ab}	0.10±0.01^{b}	0.15±0.00^{c}	0.14±0.01^{c}
Метионин	0.04±0.01^{a}	0.06±0.01^{ab}	0.06±0.01^{ab}	0.09±0.03^{b}	0.11±0.01^{bc}
Фенилаланин	0.10±0.01^{a}	0.11±0.01^{a}	0.12±0.01^{a}	0.15±0.01^{b}	0.15±0.02^{b}
Изолейцин	0.08±0.01^{a}	0.09±0.01^{a}	0.10±0.01^{a}	0.14±0.01^{b}	0.14±0.01^{b}
Лейцин	0.14±0.02^{a}	0.18±0.01^{ab}	0.21±0.01^{b}	0.28±0.01^{c}	0.28±0.03^{c}
Лизин	0.08±0.00^{a}	0.14±0.00^{b}	0.16±0.01^{bc}	0.20±0.03^{c}	0.20±0.03^{c}
Триптофан	но	но	но	но	но
Аспарагин	но	но	но	но	но
Пролин	но	но	но	0.08±0.03^{a}	0.07±0.00^{a}

Значения, обозначенные разными строчными буквами в верхнем индексе, указывают на статистически значимые ($p \leq 0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока). Незаменимые аминокислоты отмечены жирным шрифтом.

Среди 17 аминокислот, обнаруженных во всех образцах, включая ФЭБФ, аспарагин и триптофан не были выявлены. Глютаминовая кислота была преобладающей аминокислотой, составляя 18-22% от общего состава аминокислот во всех образцах. Большинство аминокислот демонстрировали тенденцию к росту от ФЭБФ к ФКМ, что указывает на обогащение питательного состава по мере увеличения доли коровьего молока в смесях. Было обнаружено, что в образце ФКМ содержится статистически значимо больше глютаминовой кислоты, серина, гистидина, треонина, аланина, тирозина, цистина, валина, метионина, фенилаланина, изолейцина, лейцина и лизина, чем в ФЭБФ. Количество некоторых аминокислот, таких как глицин и аргинин, оставалось относительно постоянным во всех образцах. Пролин был ниже уровня обнаружения в ферментированном экстракте фасоли и в некоторых напитках из смесей (ФМРН1 и ФМРН2).

Состав аминокислот в образцах варьировал в зависимости от соотношения экстракта фасоли и коровьего молока, при этом ферментированное коровье молоко (ФКМ) демонстрировало достоверно более высокое содержание большинства незаменимых аминокислот по сравнению с ферментированным экстрактом белой фасоли (ФЭБФ). Ферментированные смеси (ФМРН1 - ФМРН3) показали промежуточные уровни содержания аминокислот с явной тенденцией к увеличению по мере роста доли коровьего молока.

Исследование [66] показало, что качество белка, связанное с аминокислотным составом, варьирует среди различных видов бобовых. Глютаминовая кислота, аспарагиновая кислота и лейцин были преобладающими аминокислотами в ферментированном экстракте белой фасоли (ФЭБФ) и его смесях. Liang и др. (2022) [67] обнаружили аналогичную тенденцию в молоке из маша после 12 часов ферментации, в то время как Margier и др. (2018) [68] выявил те же преобладающие аминокислоты в вареных и консервированных бобах, а Wu и др. (2021) [69] - в гидролизованной соляной кислотой фасоли красной. Согласно Boeck и др. (2021) [53], белок бобовых относительно богат лизином, а лимитирующими аминокислотами являются либо триптофан, либо

серосодержащие аминокислоты метионин и цистеин. Результаты данного исследования частично согласуются с утверждением Boeck и др. Однако уровень лизина в ФЭБФ оказался низким по сравнению с ФКМ, что противоречит данным Boeck и др., согласно которым белки бобовых относительно богаты лизином. Это несоответствие может быть связано с различиями в используемых видах бобовых или с особенностями примененных методов обработки.

Отсутствие или низкое содержание некоторых аминокислот в ферментированных напитках может быть обусловлено не только исходным составом сырья, но и процессом ферментации. Известно, что молочнокислые бактерии (МКБ) могут преобразовывать аминокислоты в другие соединения во время ферментации молока. Некоторые штаммы способны превращать аспарагин в аспартат и аммиак посредством деамидинирования, в то время как другие утилизируют пролин в качестве источника азота, снижая его доступность в конечном продукте. Триптофан может метаболизироваться некоторыми бактериями в индол и другие соединения, тем самым снижая его концентрацию [70]. Ziadi et al. (2008) [71] показали, что штаммы *L. lactis* SLT6 и SLT10 продуцировали 35 летучих соединений, включая альдегиды — мощные ароматические соединения – производные от катаболизма аминокислот в процессе роста в молоке. Позже Ziadi и др.(2010) [72] обнаружили, что штамм *L. lactis* SLT6 расщеплял лейцин в два раза интенсивнее, чем фенилаланин, в то время как штамм SLT10 одинаково расщеплял обе аминокислоты. Очевидно, что МКБ метаболизируют определенные аминокислоты по-разному. Кроме того, некоторым МКБ для роста в среде необходимы специфические питательные вещества, включая аминокислоты. Согласно Meng и др. (2020) [73], питательными веществами, необходимыми для *L. acidophilus* LA-5, являются аспарагин, аспарагиновая кислота, цистеин, лейцин, метионин, рибофлавин, гуанин, урацил и Mn^{2+}, и при их добавлении время ферментации молока этими микроорганизмами сокращалось на 9 часов.

Для полной характеристики качества белка и аминокислотного профиля ферментированных экстрактов бобовых необходимы дальнейшие исследования,

сфокусированные на более широком спектре видов бобовых и включающие различные методы обработки. Это поможет прояснить сложные взаимосвязи между белковым составом бобовых, обработкой и результирующими питательными свойствами растительных альтернатив ферментированным напиткам.

Микроструктура

Анализ микроструктуры был проведен с целью установления связи между наблюдаемыми физико-химическими и органолептическими свойствами различных составов и их морфологией на микроуровне.

На рис. 3.3. представлены различия в микроструктуре образцов, визуализированные с помощью сканирующей электронной микроскопии.

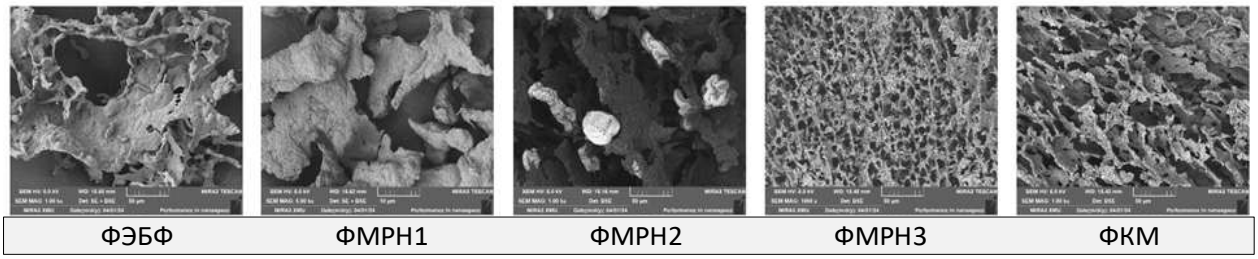


Рис. 3.3 – Сканирующие электронные микрофотографии образцов ферментированных напитков**.** Условия съемки: ускоряющее напряжение (SEM HV) 5.0 кв., увеличение (SEM MAG) 1.00 тыс. раз. Масштабная линейка = 50 мкм. ФМРН1**:** 30% коровьего молока, 70% экстракта белой фасоли. ФМРН2: 50% коровьего молока, 50% экстракта белой фасоли. ФМРН3: 70% коровьего молока, 30% экстракта белой фасоли. ФЭБФ: 100% экстракта белой фасоли. ФКМ: 100% коровьего молока.

Ферментированный экстракт белой фасоли (ФЭБФ) демонстрировал менее плотную белковую сеть и более зернистую текстуру по сравнению с гладкой текстурой ферментированного коровьего молока (ФКМ), для которого характерны плотная белковая сеть и обильные жировые глобулы. Смешанные образцы (ФМРН1-3) показали различную степень промежуточных характеристик: увеличение доли экстракта белой фасоли приводило к формированию менее плотных белковых сетей, тогда как увеличение доли коровьего молока обеспечивало более кремовую текстуру и большее количество жировых глобул. Образец ФМРН3 характеризовался очень компактной структурой, состоящей из сети казеиновых мицелл и жира.

Исследование микроструктуры показало, что образец ФМРН3 (30% экстракта белой фасоли, 70% коровьего молока) обладает более плотной и компактной структурой в сравнении с контрольным образцом ферментированного коровьего молока (ФКМ). Эти благоприятные структурные изменения напрямую способствовали увеличению кажущейся вязкости и улучшению способности удерживать сыворотку. Способность экстракта фасоли действовать в качестве натурального загустителя в образцах напитков, содержащих 30-50% ЭБФ, которые получили баллы, близкие для чистого ферментированного коровьего молока (ФКМ), подчеркивает его потенциал в качестве функционального ингредиента при производстве йогуртов. Дегустаторы, вероятно, едва заметили «бобовый» привкус в этих образцах с низким содержанием экстракта фасоли из-за эффекта разбавления.

3.2.1. *Анализ физико-химических, микробиологических и сенсорных характеристик ФМРН во время холодильного хранения*

В процессе хранения напитков на 1, 7, 14, 21 и 28 сутки оценивали физико-химические показатели, микробиологический профиль, общая приемлемость. Эксперимент был повторен дважды в две разные даты, при этом тесты проводили три раза на двух биологических репликах. Исследование проводили в течение 28 дней холодильного хранения при температуре 4 °C. Оценку параметров осуществляли с 7-дневными интервалами для изучения изменений в различных молочных композициях в процессе хранения.

Изменения уровня pH и содержания молочной кислоты

Изменение pH и накопление кислоты служат ключевыми индикаторами активности заквасочной или посторонней микрофлоры, что напрямую определяет срок годности, а также стабильность органолептических и структурных свойств продуктов. Табл. 3.8. показывает изменения pH в динамике холодильного хранения с 1-го по 28-й день.

Таблица 3.8 – Изменения pH ферментированных напитков

День	ФЭБФ	ФМРН 1	ФМРН 2	ФМРН 3	ФКМ
1	4.64 ± 0.02^{Aa}	4.54 ± 0.02^{Ba}	4.48 ± 0.02^{Ba}	4.49 ± 0.0^{Ba}	4.57 ± 0.04^{Ba}
7	4.58 ± 0.02^{Ab}	4.22 ± 0.01^{Bb}	4.31 ± 0.01^{Cb}	4.20 ± 0.01^{Bb}	4.33 ± 0.02^{Cb}
14	4.74 ± 0.02^{Ac}	4.37 ± 0.01^{Ac}	5.27 ± 0.2^{Bc}	5.72 ± 0.28^{Cc}	4.81 ± 0.04^{Aa}
21	4.67 ± 0.02^{Aa}	4.32 ± 0.01^{Bd}	4.46 ± 0.02^{Ca}	4.35 ± 0.01^{Ba}	4.48 ± 0.01^{Cc}
28	4.64 ± 0.01^{Aa}	4.38 ± 0.01^{Bc}	4.49 ± 0.01^{Ca}	4.34 ± 0.01^{Da}	4.43 ± 0.01^{Ec}

Значения, обозначенные разными строчными буквами в верхнем индексе, указывают на статистически значимые ($p\leq0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

На 1-й день значение pH ферментированного напитка из коровьего молока (ФКМ), равное 4,57, и значения pH смешанных образцов (ФМРН1–3) были сопоставимы (табл. 3.8), в среднем около 4,50, и были достоверно ниже, чем pH напитка из экстракта белой фасоли (ФЭБФ), который составлял 4,64. Затем во всех образцах наблюдалось снижение pH с 1-го по 7-й день, за которым следовало повышение к 14-му дню. Конечные значения pH ферментированного коровьего молока и смесей в целом были ниже их исходного pH на 1-й день ($p \leq 0,05$). В табл. 3.9. представлены изменения содержания молочной кислоты в ферментированных напитках в течение 28-дневного хранения.

Таблица 3.9 – Изменения содержания молочной кислоты (%) в ферментированных напитках

День	ФЭБФ	ФМРН 1	ФМРН 2	ФМРН 3	ФКМ
1	0.21 ± 0.01^{Aa}	0.50 ± 0.00^{Ba}	0.57 ± 0.00^{Ca}	0.74 ± 0.00^{Da}	0.79 ± 0.00^{Ea}
7	0.22 ± 0.00^{Aa}	0.52 ± 0.00^{Ba}	0.57 ± 0.00^{Ca}	0.74 ± 0.00^{Da}	0.80 ± 0.01^{Ea}
14	0.18 ± 0.01^{Ab}	0.39 ± 0.02^{Bb}	0.43 ± 0.01^{Cb}	0.75 ± 0.00^{Da}	0.76 ± 0.00^{Da}
21	0.18 ± 0.00^{Ab}	0.47 ± 0.00^{Ba}	0.54 ± 0.02^{CC}	0.72 ± 0.00^{Dc}	0.78 ± 0.01^{Ea}
28	0.16 ± 0.00^{Ab}	0.46 ± 0.03^{Ba}	0.50 ± 0.00^{Bd}	0.76 ± 0.01^{Ca}	0.74 ± 0.00^{Cb}

Значения, обозначенные разными строчными буквами, указывают на статистически значимые ($p\leq0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

На выработку молочной кислоты влияло соотношение фасолевого экстракта и коровьего молока, использованное в рецептуре. Напиток ФЭБФ показал достоверно более низкое содержание молочной кислоты по сравнению с остальными образцами на всем протяжении хранения ($p \leq 0,05$). Напитки ФМРН3 и ФКМ имели самое высокое содержание молочной кислоты по сравнению с другими образцами на протяжении всего периода хранения ($p \leq 0,05$).

Измерение pH является критически важным этапом контроля качества при производстве ферментированных напитков. Этот показатель позволяет оценить образование кислоты в процессе ферментации, что необходимо для определения завершённости процесса [74]. Во всех образцах значение pH снижалось в основном в течение первых 7 дней хранения. Активность молочнокислых бактерий тесно связана с доступностью питательных веществ, изменением pH и образованием различных метаболических соединений в ферментируемой матрице [75]. Более того, наименьшее изменение pH с 1-го по 7-й день было отмечено в ферментированном бобовом экстракте (ФЭБФ) (0,06), а наибольшее — в ферментированном коровьем молоке (ФКМ) (0,24). Эти результаты вновь указывают на более интенсивное разложение лактозы по сравнению с полисахаридами под действием МКБ в ходе ферментации.

В ферментированном коровьем молоке и его смесях значение pH повышалось на 14-й день, а затем незначительно снижалось к 28-му дню хранения при 4 °C. Это падение pH в конце срока хранения может быть связано с ростом активности заквасочной культуры *S. thermophilus*, поскольку мы наблюдали значительное увеличение количества *этой культуры* в упомянутых образцах. Аналогичные процессы и рост количества *S. thermophilus* в конце периода хранения были описаны Sah и др. (2015) [76]. Пробиотические штаммы могут стимулировать рост *S. thermophilus* в ферментированных напитках, в то время как ферментированный экстракт фасоли может иметь иное влияние штаммов микроорганизмов. Wang, Yu, Yang и Chou (2003) [77] также отметили более низкие значения pH в соевом экстракте, ферментированном смешанными

культурами *Lactobacillus acidophilus* и бифидобактерий, по сравнению с экстрактом, ферментированным только *L. acidophilus*, после 24 часов ферментации. Эти наблюдения согласуются с результатами подсчёта жизнеспособных клеток, описанными в нашем исследовании (табл. 3.9). Выбранные пробиотические штаммы могут быть особенно хорошо адаптированы к компонентам, присутствующим в бобовом экстракте. Их ферментные системы могут быть более эффективными в расщеплении белков, жиров и углеводов [78], обеспечивая быстрое сквашивание за 3,0–3,5 часа в ходе ферментации, что наблюдалось в ферментированных напитках, содержащих бобовый экстракт (ФЭБФ, ФМРН1, ФМРН2). Таким образом, различная динамика колебаний pH с 14-го дня как в чистых образцах, так и в их смесях может быть объяснена изменчивостью выживаемости заквасочных штаммов и образованием различного количества щелочных продуктов распада белка под действием их протеолитических ферментов.

Молочная кислота играет ключевую роль в формировании структуры, текстуры и сенсорных свойств ферментированных напитков. Наблюдаемые изменения содержания молочной кислоты показали более высокие начальные уровни её процентного содержания в основном в образцах с коровьим молоком (особенно в ФКМ, в среднем 0,77%) по сравнению с чистым ферментированным бобовым экстрактом (ФЭБ, 0,19%). Это согласуется с выводами аналогичных исследований, изучающих процесс ферментации и образование кислоты в молочных продуктах с растительными добавками [79], где ни один из коммерческих растительных ферментированных напитков (соевый, кокосовый, из кешью, миндальный и из конопли) не имел такой высокой концентрации молочной кислоты, как молочный йогурт (в среднем 0,31 против 1,11 соответственно). МКБ в основном ферментируют гексозы (глюкозу, фруктозу, галактозу, маннозу), дисахариды (лактозу, мальтозу, сахарозу), а некоторые из них также ферментируют пентозы [78]. Поскольку доминирующими углеводами в семенах бобовых являются полисахариды [80], отсутствие простых сахаров приводит к меньшему образованию молочной кислоты [81], что влияет на общую

структуру, текстуру и сенсорные свойства конечного продукта по сравнению с молочными ферментированными напитками.

Первоначальный рост содержания молочной кислоты, особенно в образцах с растительными добавками (ФМРН1-ФМРН3), соответствует усилению ферментационной активности из-за наличия дополнительных субстратов для МКБ. Стабилизация и незначительные колебания уровня молочной кислоты с течением времени отражают динамический баланс между активностью МКБ и процессами потребления или нейтрализации кислоты, обычно наблюдаемыми в исследованиях ферментации [31].

Цветность

Определение цветности проводилось для объективной оценки потребительских свойств ферментированных напитков [75]. Этот параметр является важным интегральным показателем, позволяющим оценить влияние доли экстракта фасоли, протекание неферментативных реакций при обработке и стабильность продукта в процессе хранения. Результаты проведенной оценки приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10 – Изменения цветовых координат CIELab ферментированных напитков в процессе холодильного хранения

	День	ФЭБФ	ФМРН 1	ФМРН 2	ФМРН 3	ФКМ
1	2	3	4	5	6	7
L*	1	37.41 ± 0.44^{Aa}	48.15 ± 1.04^{Ba}	51.15 ± 0.51^{Ba}	53.81 ± 1.91^{Ba}	50.73 ± 2.63^{Ba}
	7	47.03 ± 0.36^{Ab}	53.48 ± 0.47^{Bb}	54.20 ± 1.15^{Bb}	59.22 ± 1.14^{Cb}	53.48 ± 0.40^{Ba}
	14	39.41 ± 0.51^{Ac}	42.33 ± 0.48^{Bc}	50.07 ± 1.11^{Ba}	48.70 ± 0.64^{Bc}	48.00 ± 0.50^{Ba}
	21	39.56 ± 0.28^{Ac}	44.36 ± 0.13^{Bd}	46.18 ± 0.26^{Cc}	48.06 ± 0.75^{Dc}	52.10 ± 0.46^{Ea}
	28	40.53 ± 0.32^{Ac}	38.48 ± 0.39^{Ae}	38.46 ± 1.14^{Ad}	40.70 ± 0.54^{Ad}	44.37 ± 0.58^{Bb}
a*	1	-0.72 ± 0.03^{Aa}	-0.27 ± 0.04^{Ba}	-0.23 ± 0.02^{Ba}	-0.18 ± 0.14^{Ba}	-0.16 ± 0.09^{Ba}
	7	2.26 ± 0.43^{Ab}	2.73 ± 0.16^{Ab}	2.57 ± 0.74^{Ab}	3.05 ± 0.41^{Ab}	1.96 ± 0.26^{Ab}
	14	-0.21 ± 0.10^{Aa}	-0.07 ± 0.01^{Ba}	0.23 ± 0.05^{Ca}	0.44 ± 0.02^{Ca}	0.36 ± 0.03^{Cc}
	21	1.35 ± 0.09^{Ac}	1.22 ± 0.12^{Ac}	1.38 ± 0.05^{Aa}	1.48 ± 0.04^{Ac}	1.10 ± 0.09^{Ad}
	28	0.14 ± 0.10^{Aa}	0.39 ± 0.05^{Ad}	0.56 ± 0.11^{Aa}	0.36 ± 0.11^{Aa}	0.48 ± 0.06^{Ac}
b*	1	0.81 ± 0.23^{Aa}	3.26 ± 0.05^{Ba}	3.71 ± 0.11^{Ba}	4.91 ± 0.14^{Ba}	4.72 ± 0.54^{Ba}

1	7	4.57 ± 0.43^{Ab}	6.61 ± 0.02^{Bb}	6.63 ± 0.90^{Bb}	8.03 ± 0.16^{Cb}	6.68 ± 0.17^{Bb}
	2	3	4	5	6	7
	14	1.86 ± 0.10^{Ac}	2.94 ± 0.14^{Ba}	3.93 ± 0.17^{Ca}	4.33 ± 0.06^{Dc}	4.39 ± 0.03^{Ea}
	21	2.63 ± 0.63^{Ac}	4.22 ± 0.06^{Bc}	4.70 ± 0.04^{Ba}	5.33 ± 0.02^{Bd}	5.07 ± 0.04^{Ba}
	28	0.45 ± 0.25^{Aa}	2.77 ± 0.27^{Ba}	2.48 ± 0.18^{Bc}	3.90 ± 0.10^{Ce}	4.30 ± 0.28^{Ca}
c*	1	1.19 ± 0.03^{Aa}	3.28 ± 0.04^{Ba}	3.72 ± 0.11^{Ba}	4.92 ± 0.14^{Ca}	4.72 ± 0.54^{Ca}
	7	5.1 ± 0.58^{Ab}	7.16 ± 0.06^{Bb}	7.11 ± 1.10^{Bb}	8.59 ± 0.28^{Cb}	6.96 ± 0.23^{Bb}
	14	1.88 ± 0.09^{Ac}	2.95 ± 0.14^{Ba}	3.94 ± 0.17^{Ca}	4.35 ± 0.06^{Dc}	4.41 ± 0.03^{Ea}
	21	2.95 ± 0.60^{Ad}	4.39 ± 0.03^{Bc}	4.90 ± 0.02^{Ba}	5.53 ± 0.02^{Bd}	5.19 ± 0.05^{Ba}
	28	0.49 ± 0.22^{Ab}	2.80 ± 0.26^{Ba}	2.55 ± 0.16^{Ba}	3.92 ± 0.10^{Ce}	4.32 ± 0.28^{Ca}
h*	1	127.28 ± 2.83^{Aa}	94.81 ± 0.80^{Ba}	93.50 ± 0.29^{Ba}	92.39 ± 2.05^{Ba}	91.94 ± 0.80^{Ba}
	7	63.80 ± 2.19^{Ab}	67.57 ± 1.12^{Ab}	69.09 ± 3.09^{Ab}	69.27 ± 2.31^{Ab}	73.65 ± 1.62^{Ab}
	14	96.66 ± 3.43^{Aa}	91.34 ± 0.18^{Bc}	86.60 ± 0.81^{Cc}	84.28 ± 0.15^{Cc}	85.26 ± 0.33^{Cc}
	21	62.65 ± 3.85^{Ab}	73.65 ± 1.38^{Bd}	73.64 ± 0.72^{Bb}	74.47 ± 0.46^{Bd}	77.77 ± 0.99^{Bd}
	28	69.73 ± 17.54^{Ab}	81.88 ± 1.71^{Ae}	77.10 ± 3.23^{Ab}	84.75 ± 1.50^{Ac}	83.57 ± 0.82^{Ac}

Значения, обозначенные разными прописными буквами в одной строке в верхнем индексе, указывают на достоверные ($p \leq 0,05$) различия между образцами. Значения, обозначенные разными строчными буквами в одном столбце, указывают на достоверные ($p \leq 0,05$) различия между днями хранения. L*: светлота, a*: красный / зеленый цвет, b*: желтый /синий цвет, *h* (угол цветового тона): оттенок, определяющий доминирующий спектральный компонент (красный, зеленый или синий), c* (цветность): насыщенность или чистота цвета.

Проведенные нами исследования показали, что ферментированные напитки на основе коровьего молока (ФКМ) и его смесей с ЭБФ (ФМРН1–ФМРН3) обладали значительной белизной и желтизной (более высокие значения **L*** и **b***, $p \leq 05$) по сравнению с ферментированным экстрактом фасоли (ФЭБФ), который имел голубовато-зеленоватый оттенок (более высокое значение **a*,** $p \leq 0,05$) в первый день анализа (табл. 3.10). Кроме того, напитки ФКМ и ФМРН3 имели значительно более высокую чистоту цвета, что выражено наибольшими значениями **c***. Голубовато-зеленоватый оттенок ферментированного экстракта фасоли также подтверждается значениями угла цветового тона (**h***).

Соя и соевые продукты в рассматриваемом аспекте изучены достаточно широко, данные по другим ферментированным продуктам из экстрактов бобовых весьма ограничены. Вместе с тем результаты данного исследования частично согласуются с исследованием Grasso и др. (2020) [79], где растительные йогурты (кокосовый, миндальный, из конопли) были темнее и менее желтыми,

чем йогурт из коровьего молока. Marlapati и др. (2024) [82] также обнаружили, что молочный йогурт был значительно белее, чем кокосовый, овсяный и миндальный йогурт, в то время как другие цветовые координаты варьировались между образцами. ФЭБФ, приготовленный в данном исследовании, был темнее (**L*** 37,41 против 70,07), зеленее (**a*** -0,72 против 2,82) и менее желтым (**b*** 0,81 против 20,09), чем йогуртоподобные напитки на основе бобов в исследовании Cichonska и др. (2022) [83]. Это можно объяснить взаимосвязью между размером белковых и жировых глобул в йогурте и их способностью рассеивать и отражать свет, что напрямую связано с общей светлотой йогуртов [79]. Более крупные глобулы белка и жира в йогуртах из коровьего молока и его смесях, как правило, эффективнее рассеивают и отражают свет, что приводит к более белому и непрозрачному виду. И наоборот, меньшие глобулы могут пропускать больше света, приводя к более прозрачному или голубовато-зеленоватому оттенку, как это наблюдалось у ферментированного экстракта белой фасоли (значения **h*** (угол оттенка)). Зеленовато-серый цвет, ассоциируемый с различными типами йогуртов на растительном молоке, также был отмечен Tangyu и др. (2019) [84].

Все наблюдаемые нами цветовые координаты изменялись неравномерно в течение 28 суток хранения; в частности, на 7-е сутки наибольшая ($p \leq 0,05$) разница в цвете (рис. 3.4.) наблюдалась у ферментированного экстракта фасоли (ФЭБФ).

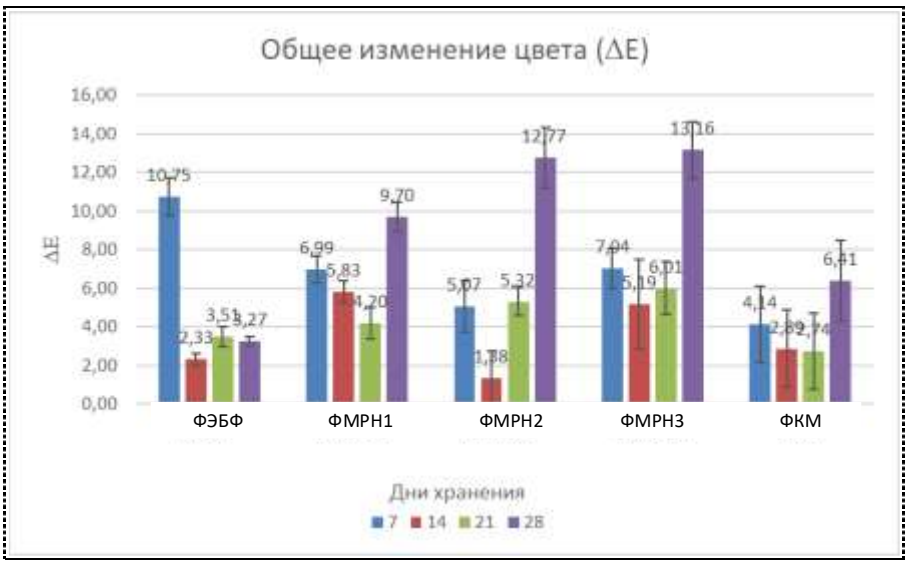
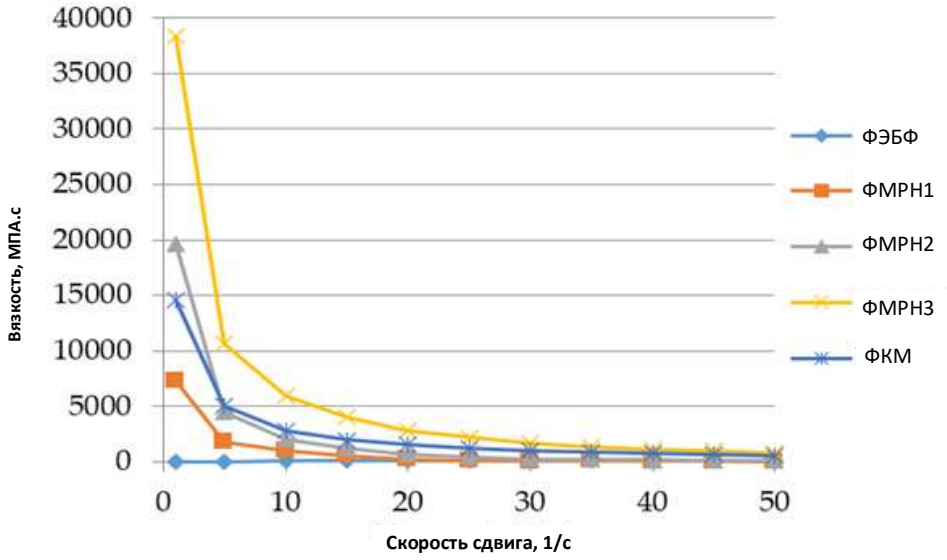


Рис. 3.4 – Общее изменение цвета в процесс 28-ми дневного холодильного хранения

Известно, что молочнокислые бактерии ферментируют лактозу и избирательно расщепляют казеин в коровьем молоке [85], но плохо ферментируют полисахариды, такие как крахмал или декстрин, поскольку им не хватает необходимых гидролитических ферментов [86]. Углеводы семян белой фасоли содержат приблизительно 40 г крахмала и 20 г пищевых волокон на 100 г [80], в то время как лактоза отсутствует.

Вязкость

Вязкость определяли, как ключевой реологический показатель, характеризующий консистенцию и структурную стабильность ферментированных напитков при холодильном хранении. Кривые течения образцов при скорости сдвига 0–50/с на 1-й день представлены на рис. 3.4.



Ферментированный экстракт белой фасоли (ФЭБФ) обладал самой низкой

Рис. 3.4 – Реологические кривые течения (зависимость кажущейся вязкости от скорости сдвига) ферментированных напитков на 1-й день. ФМРН1: 30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли, ФМРН2: 50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли, ФМРН3: 70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли, ФЭБФ: 100% экстракта белой фасоли, ФКМ: 100% коровьего молока.

вязкостью (в среднем 66,26 МПа·с в диапазоне скоростей сдвига 0,1–100/с) на 1-й день. Вязкость остальных образцов увеличивалась по мере роста процентного содержания коровьего молока в образце и в среднем составила: 546,18 МПа·с, 1421,29 МПа·с и 3553,54 МПа·с (в диапазоне скоростей сдвига 0,1–100/с) для

всех смешанных образцов (ФМРН1– ФМРН3). Аналогичная тенденция, а именно наименьшая вязкость у ФЭБФ среди всех образцов, наблюдалась на протяжении всего периода хранения; поэтому на рис 3.3. представлены данные только за 1-й день.

Вязкость часто используется для определения «ощущения во рту» от продукта, поскольку она является ключевым фактором в нашем восприятии и оценке пищевых продуктов [87].

В нашем исследовании все образцы, содержащие коровье молоко (ФМРН1-ФМРН3 и ФКМ), проявляли псевдопластичное поведение (разжижение при сдвиге), то есть их вязкость снижалась с увеличением скорости сдвига. Такое поведение распространено в молочных продуктах, что облегчает их розлив и перемешивание, улучшая ощущение во рту и удовлетворенность потребителя. В отличие от них, ферментированный экстракт фасоли (ФЭБФ) вел себя как ньютоновская жидкость, сохраняя постоянную вязкость независимо от скорости сдвига, что позволяет предположить, что его внутренняя структура не меняется под напряжением, что влияет на текстуру, поскольку он может течь не так легко, как ферментированное коровье молоко. На 1-е сутки ФЭБФ имел наименьшую вязкость — 66,26 МПа·с, что обусловливало более жидкую текстуру по сравнению с ФКМ, у которого вязкость была выше и составляла от 546,18 МПа·с до 3553,54 МПа·с. Это указывает на то, что содержание белка и жира в ферментированном коровьем молоке значительно усиливает процесс гелеобразования и сгущения [85]. Фактически, ФЭБФ во время реологических измерений вел себя подобно неферментированному соевому молоку в исследовании Li и др. (2014) [88]. Эти различия в реологических свойствах имеют важное значение для разработки продукта и его принятия потребителем; кремовая текстура ферментированного коровьего молока может быть более привлекательной для потребителей. Более низкая вязкость ферментированного экстракта фасоли и смесей с высоким содержанием экстракта фасоли может повлиять на рыночный успех, если они продаются как термостатный йогурт; поэтому для лучшего позиционирования на рынке на этикетках продуктов

следует четко указывать конкретные названия, такие как «ферментированный напиток», а также использовать упаковку, соответствующую питьевой форме нового продукта.

Чтобы имитировать ощущение во рту и структуру, обеспечиваемые нативным или кислотно-коагулированным белком в продуктах из коровьего молока, разработчики растительных йогуртов часто используют фруктоолигосахариды, мальтодекстрин, пектин и инулин в качестве наполнителей; сахарозу и гранулированный сахар – в качестве дополнительного источника углерода; или геллановую камедь и камедь рожкового дерева – в качестве загустителей [53,85,86,89]. Комбинации этих добавок используются для получения желаемой текстуры, либо напрямую, либо за счет полисахарид-белковых взаимодействий [90]. Kosterina и др. (2020) [91] обнаружили, что добавление кокосового молока в йогурт увеличивало его вязкость благодаря тиксотропному поведению и более густой текстурной консистенции, что согласуется с нашими данными, показывающими, что увеличение доли коровьего молока в образцах йогурта приводило к наибольшим значениям максимального напряжения сдвига, указывающим на большее сопротивление сдвиговым усилиям и плотность структуры.

Метаболизм углеводов производит молочную кислоту, которая подкисляет продукты и играет ключевую роль в формировании вкуса и текстуры, особенно в йогуртах [49], обеспечивая больше взаимодействий между белками (белок-белок) и сшивок, тем самым способствуя увеличению вязкости в растительном молоке из бобовых [84]. Кроме того, известно, что вязкость йогурта положительно коррелирует с более высоким содержанием белков в молоке [92]. ФЭБФ имел достоверно более низкое процентное содержание белка (1,45±0,02) и углеводов (2,14±0,01) по сравнению с ФКМ (3,32±0,02 и 4,63±0,01 соответственно), и в данном исследовании для ферментированных напитков из фасоли не использовались добавки. Однако смесь экстракта белой фасоли (30%) и коровьего молока (70%) (ФМРН3) показала наивысшую вязкость на протяжении всех суток, что позволяет предположить возможность

синергетического взаимодействия между белками, углеводами и МКБ. Этот результат указывает на то, что оптимальное соотношение экстракта белой фасоли и коровьего молока в рецептуре может позволить получить продукт с желаемыми свойствами вязкости и текстуры даже без добавления загустителей или стабилизаторов.

Сенсорный профиль

Сенсорный профиль ферментированных напитков представлен в табл. 3.11.

Таблица 3.11 – Сенсорный профиль ферментированных напитков в День 1 (в баллах, 1-10)

Показатели	ФЭБФ	ФМРН 1	ФМРН 2	ФМРН 3	ФКМ
Кислый запах	4.80±3.56 ^{a}	4.30±2.36^{a}	4.40±2.77^{a}	3.10±0.65^{a}	3.50±1.22^{a}
Кислый вкус	2.30±1.92^{a}	7.04±1.56^{bc}	6.10±1.85^{ca}	5.30±2.71^{ca}	4.30±2.25^{ca}
Молочный вкус	1.60±1.14^{a}	3.70±1.72^{a}	6.90±1.24^{b}	7.80±0.57^{b}	8.30±1.30^{b}
Послевкусие	7.80±2.20^{a}	5.30±2.39^{ab}	4.30±1.40^{b}	5.40±2.04^{ba}	0.30±0.45^{c}
Посторонний запах	8.90±0.65^{a}	5.66±2.55^{b}	1.70±0.97^{c}	0.90±0.22^{c}	0.40±0.42^{c}
Плотность	1.50±0.87^{a}	2.60±0.42^{a}	5.60±1.64^{b}	7.60±1.52^{b}	6.20±1.44^{b}
Прозрачность	5.00±2.83^{a}	3.20±1.82^{ab}	2.80±2.10^{ab}	2.10±0.55^{ab}	1.50±0.71^{b}
Общая приемлемость	4.40±2.68^{a}	6.30±1.72^{ab}	7.80±1.75^{b}	8.60±0.89^{b}	8.90±0.74^{b}

Значения, обозначенные разными строчными буквами, указывают на статистически значимые ($p \leq 0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

Кислый запах был характерен всех образцов. Самый кислый вкус, который был в 3,06 раза интенсивнее ($p \leq 0,05$), чем у ФЭБФ, обнаружили в образце ФМРН1. При этом остальные образцы не имели между собой значимых различий. Как и ожидалось, наиболее выраженный ($p \leq 0,05$) молочный вкус

ощущался в ФКМ и смесях ФМРН1 и ФМРН2 по сравнению с ФЭБФ и ФМРН1. Самое слабое ($p \leq 0,05$) послевкусие и посторонний привкус были выражены в ФКМ.

Значительно более низкая плотность была обнаружена у ФЭБФ и ФМРН1. Показатель прозрачности был в 3,33 раза выше ($p \leq 0,05$) у ФЭБФ по сравнению с ФКМ, в то время как остальные образцы занимали промежуточное положение и не различались значительно.

Первоначально увеличение доли коровьего молока в смесях достоверно повышало их приемлемость, т.е. ферментированное коровье молоко (ФКМ) и смеси с существенным количеством (50–70%) коровьего молока (ФМРН2 и ФМРН3 соответственно) были в 1,77–2,02 раза более приемлемыми по сравнению с чистым ФЭБФ ($p \leq 0,05$, табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Общая приемлемость ферментированных напитков при холодильном хранении

День	ФЭБФ	ФМРН 1	ФМРН 2	ФМРН 3	ФКМ
1	2.04 ± 2.57^{Aa}	4.00 ± 2.32^{Aa}	5.80 ± 2.08^{AB}	8.16 ± 1.52^{B}	7.90 ± 3.07^{B}
7	0.73 ± 0.25^{Aa}	1.67 ± 1.04^{Ab}	4.83 ± 2.02^{B}	7.93 ± 0.40^{C}	9.50 ± 0.50^{C}
14	6.88 ± 1.38^{b}	8.75 ± 0.50^{b}	8.25 ± 1.19	8.25 ± 1.19	8.50 ± 0.41
21	4.25 ± 2.22^{Aa}	7.00 ± 1.35^{Ab}	8.13 ± 1.03^{B}	8.13 ± 0.63^{B}	8.25 ± 0.65^{B}
28	7.63 ± 1.25^{b}	8.75 ± 0.65^{b}	8.25 ± 0.65	8.38 ± 0.75	8.25 ± 1.50

Значения, обозначенные разными строчными буквами в верхнем индексе, указывают на статистически значимые ($p\leq0,05$) различия между образцами. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

Интересно, что чистый ферментированный экстракт белой фасоли (ФЭБФ) и его смесь с коровьим молоком (ФМРН1) улучшали свои приемлемые показатели по мере хранения, достигая уровня приемлемости других смесей и ФКМ.

Сенсорная оценка показала, что такие параметры, как плотность и общая приемлемость ферментированного коровьего молока (ФКМ) и смесей, содержащих коровье молоко, были оценены более высокими баллами по

сравнению с чистым ферментированным экстрактом фасоли (ФЭБФ). Согласно данным Meghrabi и др. (2023) [31], потребители могут отвергать экстракты на основе бобовых из-за характерного бобового и землянистого аромата, который объясняется присутствием гексанола, образующегося в результате окисления липидов растения.

Другие исследования также выявили, что растительные напитки воспринимаются как жидкие, водянистые, кислые и имеющие нежелательный внешний вид, что, как следствие, негативно сказывается на потребительских предпочтениях, подчеркивая важность соответствия сенсорных профилей ожидания [91,92,93]. Добавление соли значительно улучшило приемлемость ФЭБФ (данные не показаны), что позволяет предположить, что правильная комбинация специй и добавок, улучшающих консистенцию, может привести к созданию инновационного нишевого продукта. Хотя текущие низкие значения вязкости и плотности обосновывают классификацию данного продукта как ферментированного напитка на основе бобов, обнадеживающие результаты сенсорной оценки указывают на то, что дальнейшая оптимизация рецептуры может привести к созданию высококачественного заменителя ферментированного коровьего молока.

Можно предположить, что наблюдаемое улучшение вкуса и аромата ФЭБФ во время хранения связано с микробной активностью, которая, возможно, расщепляет соединения, отвечающие за «бобовый» оттенок, и продуцирует вещества, маскирующие нежелательные запахи, улучшая общий ароматический баланс. Это постепенное изменение вкусо-ароматического профиля во время хранения привело к нейтральному и приятному вкусу, делая данный продукт более приемлемым для потребителей.

Микробиологический профиль. Жизнеспособность микроорганизмов.

Целью микробиологического анализа было установить влияние состава ферментированных напитков на показатели выживаемости и динамику развития пробиотических культур *L. acidophilus*, *S. thermophilus* и *B. bifidum* в течение 28

суток холодильного хранения, что является критически важным для обеспечения функциональных свойств готового продукта.

В табл. 3.13. представлены результаты оценки жизнеспособности микроорганизмов *L. acidophilus, S. thermophilus и B. bifidum* в ферментированных напитках в течение 28 дней холодильного хранения.

Таблица 3.13 – Результаты подсчета микробов в ферментированных напитках, $\log_{10}$ КОЕ/г

Day	ФЭБФ	ФМРН1	ФМРН2	ФМРН3	ФКМ
	S. thermophilus				
1	8.38 ± 0.05^{Aa}	8.55 ± 0.02^{Ba}	8.74 ± 0.05^{Ba}	9.21 ± 0.10^{Ca}	8.65 ± 0.04^{Ba}
7	8.09 ± 0.33^{Aa}	8.62 ± 0.28^{Aab}	8.87 ± 0.02^{Bab}	8.88 ± 0.09^{Ba}	8.85 ± 0.13^{Bab}
14	7.11 ± 0.10^{Ab}	8.99 ± 0.12^{Bb}	8.95 ± 0.15^{Bb}	8.91 ± 0.34^{Ba}	8.89 ± 0.10^{Bb}
21	7.12 ± 0.00^{Ab}	8.60 ± 0.11^{Ba}	9.4 ± 0.00^{Cc}	10.18 ± 0.00^{Db}	9.2 ± 0.00^{Ec}
28	7.12 ± 0.00^{Ab}	8.61 ± 0.00^{Bab}	9.4 ± 0.00^{Cc}	10.18 ± 0.00^{Db}	9.2 ± 0.00^{Cc}
	L. acidophilus				
1	6.3 ± 0.00^{Aa}	5.85 ± 0.47^{Aa}	5.88 ± 0.02^{Aa}	6.52 ± 0.12^{Ba}	6.40 ± 0.06^{a}
7	5.61 ± 0.01^{Ab}	6.27 ± 0.00^{Ba}	6.29 ± 0.05^{Ba}	6.37 ± 0.06^{BDa}	6.47 ± 0.03^{Db}
14	5.45 ± 0.01^{Ac}	6.11 ± 0.00^{Ba}	5.88 ± 0.37^{Aa}	6.59 ± 0.01^{Ca}	6.60 ± 0.00^{C}
21	4.48 ± 0.00^{Ad}	6.1 ± 0.25^{Ba}	4.9 ± 0.00^{Ab}	6.26 ± 0.38^{Ba}	6.69 ± 0.00^{Cd}
28	0^{e}	3.9 ± 0.00^{Ab}	0^{c}	3.95 ± 0.00^{Ab}	4.85 ± 0.00^{Be}
	B. bifidus				
1	5.88 ± 0.09^{Aa}	5.23 ± 0.00^{Ba}	5.27 ± 0.03^{Ba}	5.37 ± 0.10^{Ba}	4.94 ± 0.05^{Ca}
7	6.17 ± 0.06^{Ab}	5.57 ± 0.11^{Bb}	5.33 ± 0.02^{Ca}	5.36 ± 0.00^{CDa}	5.18 ± 0.00^{CEab}
14	6.08 ± 0.15^{Aab}	5.50 ± 0.17^{Bb}	5.32 ± 0.28^{Ba}	5.45 ± 0.00^{Ba}	5.24 ± 0.32^{Bb}
21	6.76 ± 0.00^{Ac}	6.8 ± 0.00^{Ac}	5.74 ± 0.38^{Ba}	6.28 ± 0.00^{Cb}	5.54 ± 0.06^{Bb}
28	4.9 ± 0.00^{Ad}	4.3 ± 0.00^{Bd}	0^{c}	0^{c}	0^{c}

Значения, обозначенные разными заглавными и строчными буквами в одной строке в верхнем индексе, указывают на значимые ($p\leq0.05$) различия между образцами; значения, обозначенные разными строчными буквами в одном столбце, указывают на значимые ($p\leq0.05$) различия между днями хранения. ФМРН1 (30% коровьего молока и 70% экстракта белой фасоли), ФМРН2 (50% коровьего молока и 50% экстракта белой фасоли), ФМРН3 (70% коровьего молока и 30% экстракта белой фасоли), ФЭБФ (100% экстракта белой фасоли), ФКМ (100% коровьего молока).

Все штаммы продемонстрировали удовлетворительные показатели выживаемости. В частности, в образцах напитков, содержащих 50% (ФМРН2), 70% (ФМРН3) и 100% (ФКМ) коровьего молока, были зафиксированы более высокие показатели количества *S. thermophilus*, достигающие максимального значения в 10,18 $\log_{10}$ КОЕ/г в образце ФМРН3 на 21-й день. Кроме того, в образце ФКМ в течение 28-дневного периода было обнаружено большее количество *L. Acidophilus,* по сравнению с образцами, содержащими ферментированный экстракт ФЭБФ ($p \leq 0,05$).

Однако количество *B. bifidum* в образце ФЭБФ было существенно выше, чем в ФКМ: на 28-й день в ФЭБФ и ФМРН1 оно составило 4,9 $\log_{10}$ КОЕ/г и 4,3 $\log_{10}$ КОЕ/г, соответственно, в то время как в образцах ФМРН2, ФМРН3 и ФКМ роста в этот день зафиксировано не было ($p \leq 0,05$).

Lactobacillus acidophilus отличался более высокой выживаемостью в ферментированном коровьем молоке, по сравнению с ферментированным экстрактом белой фасоли. Это обусловлено, видимо, присутствием в первом лактозы – предпочтительного источника углеводов для *L. acidophilus*, а также доступностью казеина и сывороточных белков в коровьем молоке. Регулируемый уровень pH и отсутствие ингибирующих соединений в коровьем молоке создают более благоприятные условия для роста и сохранения жизнеспособности *L. acidophilus*. В свою очередь, экстракт фасоли не содержит лактозы, включает иные белковые компоненты и может содержать ингибирующие вещества. Данные факторы не способствуют формированию аналогичных полезных микробных взаимодействий, что приводит к снижению выживаемости *L. acidophilus* в ферментированном экстракте фасоли.

Streptococcus thermophilus - традиционная заквасочная культура для йогурта - эффективно утилизирует лактозу, продуцируя молочную кислоту, и расщепляет казеин в молоке, находясь в симбиотических отношениях с другими молочнокислыми бактериями. Однако в растительном экстракте отсутствие лактозы и различия в белковом составе обусловили замедление ферментации и

снижение жизнеспособности *S. thermophilus* в ходе хранения. Вероятной причиной этого является повышенная кислотность среды и наличие природных антимикробных компонентов в бобовых.

Напротив, *Bifidobacterium bifidum* проявляет более высокую выживаемость в ферментированном экстракте фасоли, что согласуется с данными по другим продуктам на основе бобов [93]. Это связано с присутствием в бобовых полезных олигосахаридов и пребиотиков, более сбалансированным профилем pH и кислот, а также потенциальной устойчивостью бифидобактерий к антимикробным соединениям бобовых [89]. Присутствие пребиотиков в ферментированных напитках из бобов способствует созданию синбиотических композиций, сочетающих пробиотики и пребиотики, что подтверждается результатами микробиологического анализа [67].

Кроме того, наряду с пробиотическими культурами каждые 7 дней определяли количество энтеробактерий, колиформных бактерий и дрожжей, и плесневых грибов, которые не были выявлены за весть период холодильного хранения. Это свидетельствует, вероятно о том, что пробиотические культуры подавляют рост нежелатлеьной микрофлоры.

3.4. Технология крем-сыра на основе ферментированного молочного-растительного напитка

На основании проведённого анализа ферментированный молочно-растительный напиток ФМРН3 (70% КМ / 30% ЭБФ) показал наилучшие результаты, продемонстрировав отличные органолептические, физико-химические свойства и плотную микроструктуру, что позволило выбрать его в качестве основы для разработки крем-сыра, технологическая схема которого представлена на рис. 3.5.

Данная комбинация обеспечивает не только стабильность технологического процесса, но и формирование характерной для крем-сыров гладкой, пастообразной консистенции без отделения сыворотки.

Разработанная рецептура представлена на табл. 3.14.

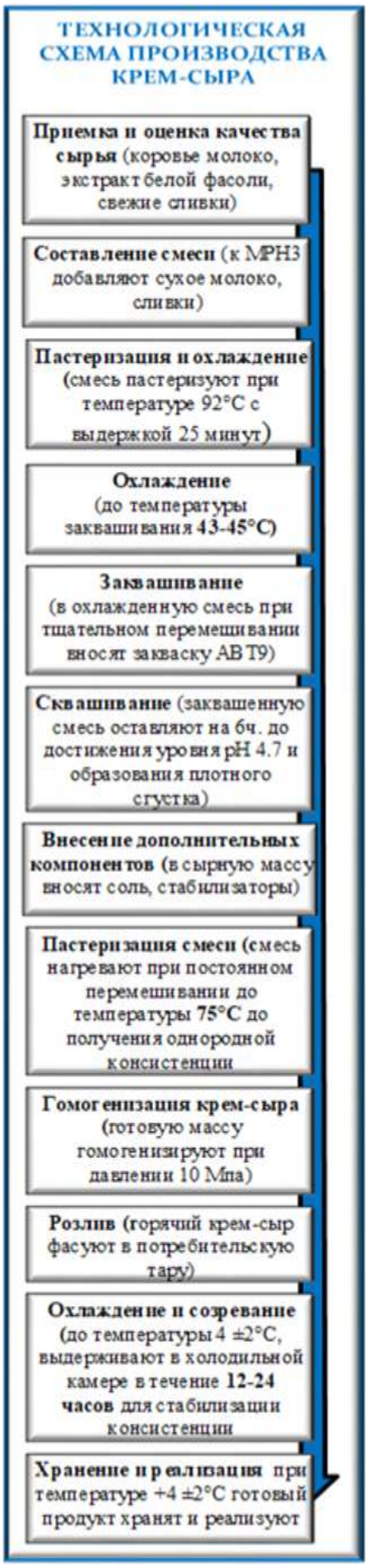


Рис. 3.5 – Технологическая схема производства крем-сыра.

Таблица 3.14 – Рецептура крем-сыра

Ингредиент	Количество, кг
ФМРНЗ	686
Сливки, 65%	285
Сухое молоко	17
Соль поваренная	4
Гуаровая камедь	8
Итого	**1000**

Готовый продукт, полученный по разработанной технологии, характеризовался массовой долей жира 22% и величиной pH 5,2. Дегустационная оценка органолептических показателей составила от 8 до 10 баллов. Отмечено, что сливочная составляющая эффективно нивелирует бобовый привкус, оставляя лишь едва уловимые его оттенки.

3.5. Разработка технологии дибелкового матрикса для производства пастообразных аналогов молочных продуктов

Благодаря высокому содержанию белка и других полезных питательных веществ, белая фасоль представляет собой перспективную возможность для включения в состав молочно-

растительных белковых композитов, которые могут служить основой для различных пищевых продуктов, включая сырные спреды. На наш взгляд, что такие композиции можно назвать молочной или пищевой матрицей (ММ/ПМ). Согласно решению членов Международной молочной федерации, являющейся ведущим мировым источником экспертных знаний и научной информации для молочной отрасли, «молочная матрица» описывает уникальную структуру молочного продукта, его компоненты (например, нутриенты и не-нутриенты) и их взаимодействие [94]. Однако, в тексте мы используем термин «дибелковый матрикс» (ДБМ) с учетом того, что полученная матрица включает в себя как молочный, так и растительный белок.

Данное исследование направлено на оценку возможности включения молокоподобного экстракта белой фасоли в молочные матрицы с последующим применением в составе сырных паст (спредов). Исследование включает определение физико-химических и сенсорных свойств белковых матриц, полученных путем хлоркальциевого осаждения молочно-растительных смесей. Кроме того, исследование направлено на восполнение недостатка знаний в области производства подобных пищевых матриц, обоснование научной новизны и оценку практических проблем, связанных с данным инновационным подходом.

Коровье молоко содержало 3,45% белка, а свежеприготовленный молокоподобный экстракт белой фасоли - 2,05%, что согласуется с данными предыдущих исследований растительных заменителей молока на основе бобовых. Вариации в содержании белка могут быть обусловлены различиями в сортах бобов, методах экстракции и условиях обработки [5,58].

Для приготовления свежих пастообразных дибелковых матриксов (ДБМ) из коровьего молока и экстракта белой фасоли были использованы следующие смеси: КМ 0%: ЭБФ 100% (МЭБФ), КМ 30%: ЭБФ 70% (ДБМ1); КМ 50%: ЭБФ 50% (ДБМ2); КМ 70%: ЭБФ 30% (ДБМ3), КМ100%: ЭБФ 0% (МКМ).

Полученные смеси пастеризовали при температуре 95˚С в течение 25 минут. Белковый коагулят получали путем добавления 40%-ного раствора $CaCl_2$ в горячую молочно-растительную смесь. Уплотнение сгустка происходило в течение 10-15 мин и его отделяли от сыворотки с помощью муслиновой ткани с последующим самопрессованием в течение 1 часа при комнатной температуре до влажности 68-79%. Массу каждого образца определяли для расчета выхода, затем упаковывали в пластиковые контейнеры и хранили в холодильнике при температуре 4°С для дальнейшего анализа. Состав полученной матрицы, ее микроструктуру, аминокислотный профиль, органолептические показатели оценивали в 1-й день приготовления. Цвет, pH, реологические свойства и общую приемлемость по сенсорным свойствам определяли на 1-й, 10-й, 20-й и 30-й день холодильного хранения.

На рис. 3.6. показана характеристика молочно-растительных сгустков, полученных хлоркальциевым осаждением.

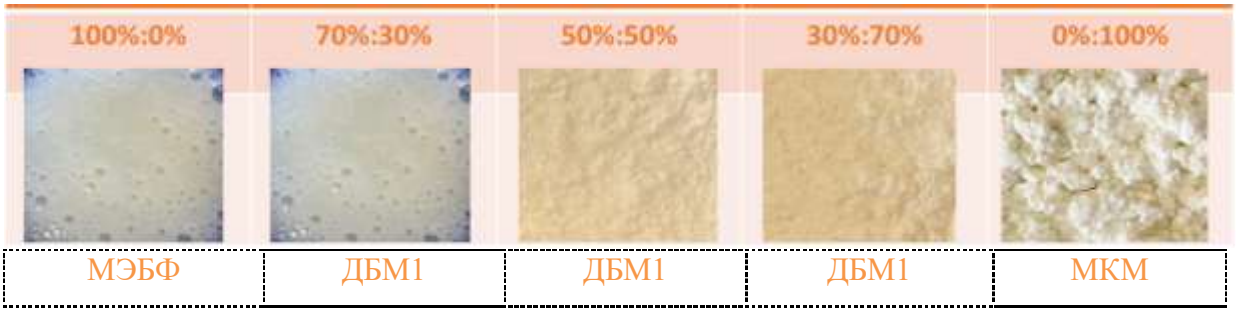


Рис. 3.6 – Характеристика сгустков, полученных хлоркальциевым осаждением (КМ 0%: ЭБФ 100% (МЭБФ), КМ 30%: ЭБФ 70% (ДБМ1); КМ 50%: ЭБФ 50% (ДБМ2); КМ 70%: ЭБФ 30% (ДБМ3), КМ100%: ЭБФ 0% (МКМ))

По мере увеличения доли ЭБФ коагуляция становилась менее выраженной. В образце из 100% фасолевого экстракта (МЭБФ) типичная коагуляция не наблюдалась. Удовлетворительная консистенция для намазывания достигалась только в ДБМ с содержанием ЭБФ не более 50%. Образцы МЭБФ (100%:0%) и ДБМ1 (70%:30%) не демонстрировали осаждения белка при добавлении хлорида кальция – традиционного коагулянта, широко используемого при производстве тофу из соевого молока [95].

Смесь с долей ЭБФ, равной 50% (ДБМ2), показала самый низкий выход белкового коагулята (18,63 ± 0,25 %). Несколько лучший выход наблюдался у смеси, приготовленной с 30% ЭБФ и 70% КМ (ДБМ3, 21,01 ± 0,09 %), в то время как образец, полученный исключительно из коровьего молока, имел самый высокий выход (МКМ, 24,21 ± 0,08 %). Это связано с увеличением доли коровьего молока в смеси и соответствующим повышением количества осаждаемых молочных белков. Дальнейшие исследования проводились на образцах ДБМ2, ДБМ3 и МКМ.

Этот результат подчеркивает роль казеина в коровьем молоке, который легко коагулирует в присутствии хлорида кальция, благодаря своей мицеллярной структуре. В отличие от этого, фасолевый экстракт содержит в основном растительные белки, такие как глобулины и альбумины, которые не образуют мицелл, подобных казеину, и проявляют иные коагуляционные свойства [96]. Белки белой фасоли не обладают мицеллярной организацией, что делает их менее чувствительными к хлориду кальция и приводит к слабой коагуляции или её отсутствию.

Предыдущее исследование [97] подтверждает, что новая белковая смесь с преобладанием растительных компонентов (46% сои, 32% гороха, 16% казеина и 6% сывороточного белка) может считаться некоагулирующей в условиях in vitro желудочного переваривания, аналогично смеси с преобладанием молочных белков, как в форме белкового раствора, так и в составе энтерального питания (ЭП). Было доказано, что это свойство не зависит от энергетической плотности, концентрации белка и наличия пищевых волокон.

Состав ДБМ

В табл. 3.15. представлен состав трех отобранных образцов дибелковой матрицы (ДБМ2, ДБМ3) и контрольного образца (МКМ – 100% коровьего молока).

Таблица 3.15 – Пищевая ценность исследуемых образцов ДБМ

ДБМ тип	Жир, %	Белок, %	Зола, %	Углеводы, %	ВУС
ДБМ2	7.50±0.07[a]	7.78±0.06[a]	1.47±0.01[a]	20.75±0.01[a]	3.82
ДБМ3	9.05±0.14[b]	10.57±0.16[b]	1.91±0.02[b]	24.84±0.01[b]	3.03
МКМ	12.54±0.02[c]	12.87±0.05[c]	2.34±0.02[c]	31.79±0.01[c]	2.15

Значения представлены, как среднее ± стандартное отклонение. Разные буквы (a, b, c) рядом со значениями в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия (p <0,05) между образцами по каждому соответствующему параметру.

Включение экстракта белой фасоли (ЭБФ) привело к снижению содержания жира, белка, золы и углеводов по сравнению с контрольным образцом. Образец ДБМ3, приготовленный с наибольшей долей коровьего молока (МКМ), демонстрирует более высокое содержание жира, белка, золы и углеводов относительно ДБМ2 с наибольшей долей ЭБФ показывает более низкие значения для этих микронутриентов.

Поскольку ЭБФ снижает содержание жира, его можно использовать в диетах, направленных на контроль веса или здоровье сердца. Такие продукты, как йогурты с низким содержанием жира, альтернативы сыру и молочные напитки с ЭБФ, могут удовлетворить потребности людей, стремящихся снизить потребление жира. Включение экстрактов белой фасоли в молочные продукты может способствовать здоровью сердца, снижая общее содержание жира и обеспечивая организм биологически активными соединениями. Исследование показало [98], что белая фасоль обладает защитным эффектом против индуцированного диетой с высоким содержанием жира стеатоза печени, что подтверждается снижением фенотипа ожирения и улучшением липидного профиля сыворотки крови. Экстракт белой фасоли содержит ингибиторы альфа-амилазы, которые могут снижать переваривание и всасывание углеводов, способствуя тем самым контролю веса за счет уменьшения потребления калорий из сложных углеводов [99,100].

Аминокислотный профиль

Состав заменимых и незаменимых аминокислот в трех исследованных образцах дибелковой матрицы представлен в табл. 3.16**.**

Таблица 3.16 – Содержание аминокислот (мкмоль/л) в исследованных образцах

Аминокислота	ДБМ2	ДБМ3	МКМ
1	2	3	4
Аспарагиновая кислота	0.72±0.01[a]	0.97±0.05[b]	1.19±0.11[c]
Глютаминовая кислота	1.55±0.04[a]	2.20±0.04[b]	2.92±0.25[c]
Аспарагин	0	0	0
Серин	0.41±0.01[a]	0.59±0.01[b]	0.73±0.06[c]
Гистидин	**0.18±0.01[a]**	**0.25±0.00[b]**	**0.31±0.05[b]**
Глицин	0.15±0.00[a]	0.20±0.00[b]	0.22±0.02[b]
Треонин	**0.34±0.01[a]**	**0.47±0.00[a]**	**0.60±0.05[a]**
Аргинин	0.26±0.01[a]	0.36±0.01[b]	0.42±0.04[c]
Аланин	0.24±0.01[a]	0.34±0.01[b]	0.41±0.03[c]
Тирозин	0.36±0.01[a]	0.51±0.01[b]	0.66±0.05[c]
1	2	3	4
Цистин	0.21±0.01[a]	0.32±0.01[b]	0.37±0.01[c]
Валин	**0.40±0.01[a]**	**0.58±0.03[b]**	**0.83±0.11[c]**
Метионин	**0.17±0.01[a]**	**0.27±0.01[b]**	**0.36±0.02[c]**
Триптофан	**0**	**0**	**0**
Фенилаланин	**0.38±0.01[a]**	**0.54±0.03[b]**	**0.72±0.09[c]**
Изолейцин	**0.36±0.00[a]**	**0.52±0.03[b]**	**0.72±0.08[c]**
Лейцин	**0.68±0.01[a]**	**1.03±0.06[b]**	**1.42±0.15[c]**
Лизин	**0.66±0.02[a]**	**1.02±0.08[b]**	**1.39±0.18[c]**
Пролин	0.72±0.13[a]	0.90±0.16[a]	1.38±0.16[b]

Значения, обозначенные разными строчными буквами (a, b, c) в верхнем индексе рядом со значениями указывают на статистически значимые различия (p <0,05) между образцами по каждому соответствующему параметру. Незаменимые аминокислоты отмечены жирным шрифтом. ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ) и МКМ (100% КМ).

Во всех образцах обнаружены 17 аминокислот, при этом аспарагин и триптофан отсутствовали. Из таблицы также видно, что с увеличением дозы коровьего молока в DM количество всех аминокислот также возрастает: для

некоторых незначительно (например, на 0,02 мкмоль/л для глицина), для других – довольно существенно (до 0,72 мкмоль/л для глютаминовой кислоты). Это связано с тем, что коровье молоко содержит больше белка, чем экстракт из белой фасоли (ЭБФ).

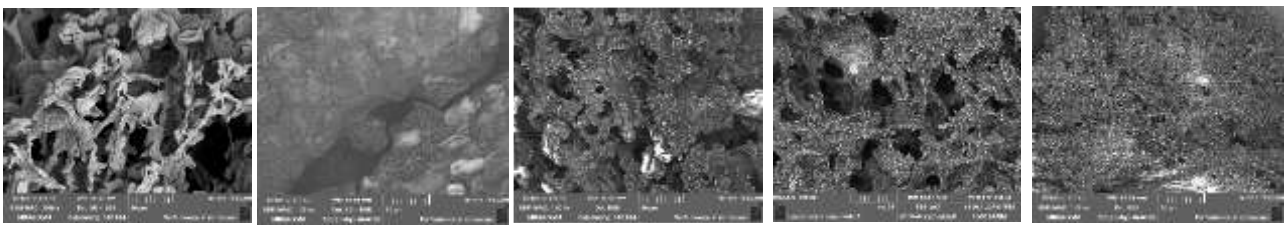
Содержание аспарагиновой и глютаминовой кислот значимо возрастает от образца ДБМ2 до МКМ. Также существенно увеличивается количество серина, тирозина и валина во всех исследованных образцах. Содержание гистидина и глицина растёт от ДБМ2 до ДБМ3, а затем выходит на плато или незначительно увеличивается в МКМ.

Пролин был обнаружен во всех образцах, и его количество увеличивалось от ДБМ2 к МКМ. При этом в ферментированных напитках, полученных из экстракта белой фасоли и коровьего молока, пролин находился ниже уровня обнаружения, поскольку образцы не были ферментированы молочнокислыми бактериями [101]. Триптофан и аспарагин не были обнаружены ни в одном из образцов. Вероятной причиной этого является их деградация и превращение в процессе кислотного гидролиза: триптофан разрушается в кислых условиях, а аспарагин обычно дезаминируется до аспарагиновой кислоты, что делает их недетектируемыми данным методом. Эти результаты подчеркивают потенциал включения молочных матриц для модификации аминокислотного профиля пищевых продуктов. Хотя коровье молоко обеспечивает более высокий общий уровень аминокислот, использование ЭБФ может обеспечить более сбалансированный состав, потенциально влияя как на питательные, так и на функциональные свойства продукта. Такие продукты могут быть рекомендованы в рамках низкопротеиновых диет с ограничением белка для лиц с определёнными нарушениями здоровья [93, 94] вместо бобов или коровьего молока, содержащих большее количество белка.

Микроструктура ДБМ

Микроструктурный анализ служит критически важным инструментом, позволяющим перейти от предположений о свойствах материала к точному

пониманию причин этих свойств. Он позволил нам убедиться, что хлоркальциевое осаждение привело к желаемой однородной, пористой структуре, а не к неконтролируемым агрегатам или плотной неструктурированной массе, а также сравнить полученные матрицы и объективно выбрать лучший состав. Структурные особенности исследуемых образцов, определенных с помощью микроструктурного анализа, представлены на рис. 3.7.



МЭБФ ДБМ1 ДБМ2 ДБМ3 МКМ

Рис. 3.7 – Сканируемые электронные микрографы образцов: ДБМ1 (30% КМ and 70% ЭБФ), ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ), МЭБФ (100% ЭБФ) и МКМ (100% КМ). SEM HV: 5.0 kV. SEM MAG: 1.00 kx., bar = 50 µm.

Микрофотографии на рис. 3.7. иллюстрируют структурные различия между образцами. Образец МЭБФ имеет высокопористую волокнистую структуру, напоминающую соевый йогурт с крупными порами, что указывает на взаимосвязанную белково-жировую сеть [104]. Образец ДБМ1 имеет более компактную, плотную и менее пористую структуру, по сравнению с МЭБФ. Микрофотография ДБМ2 выявляет пористую структуру с более крупными пустотами и несколько рыхлой сетью, что, вероятно, связано с включением ЭБФ, которое изменяет формирование белковой матрицы. Образец ДБМ3 показывает еще более выраженную пористую структуру, чем ДБМ2, с большим количеством крупных пустот, что указывает на повышенное содержание ЭБФ, которое влияет на текстуру и плотность сгустка. Микрофотография МКМ представляет плотную и относительно однородную структуру с меньшим количеством и размером пустот, по сравнению с другими образцами, что характерно для сгустков, состоящих исключительно из коровьего молока.

Вариации в микроструктуре обусловлены различиями в рецептуре, в частности, соотношением коровьего молока и экстракта белой фасоли.

Включение ЭБФ в коровье молоко приводит к более открытой и пористой структуре, что может влиять на текстуру, намазываемость сгустка и его содержание влаги. Растительные белки и клетчатка влияют на вязкость, намазываемость и «ощущение во рту» молочных матриц. В то время как некоторые рецептуры могут требовать стабилизаторы или эмульгаторы для улучшения сенсорных свойств, добавление бобовых позволяет улучшить структурную целостность в молочных продуктах с пониженным содержанием жира [105].

3.5.1. Изменение физико-химических, микробиологических и сенсорных характеристик ДБМ в процессе холодильного хранения

Изменения pH во время холодильного хранения

Поскольку pH является динамическим параметром, который постоянно колеблется в процессе обработки молока из-за перепадов температуры, изменения давления, удаления воды и микробной активности, что влияет на белковые взаимодействия и общую стабильность продукта [106], значения pH двух намазываемых образцов белковых матриц (ДБМ2, ДБМ3) и контрольного образца (МКМ), представленные в табл. 3.17, измеряли на 1-е, 10-е, 20-е и 30-е сутки.

Таблица 3.17 – Изменение pH в белковых матрицах в течение 30 суток хранения

Дни	ДБМ2	ДБМ3	МКМ
1	5.27 ± 0.02^{Aa}	5.68 ± 0.02^{Ba}	5.40 ± 0.09^{Aa}
10	5.65 ± 0.02^{Ab}	5.95 ± 0.05^{Bb}	5.77 ± 0.01^{Bb}
20	5.65 ± 0.01^{Ab}	5.83 ± 0.02^{Ba}	5.74 ± 0.02^{Cb}
30	5.50 ± 0.03^{Ac}	5.77 ± 0.02^{Ba}	5.69 ± 0.01^{Bb}

Значения pH представлены как среднее ± стандартное отклонение. Разные заглавные (A, B, C) в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между образцами в каждый конкретный день, а разные строчные буквы (a, b, c) указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между днями для каждого конкретного образца. ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ), МКМ (100% КМ).

Изменения pH в процессе холодильного хранения демонстрируют заметное увеличение в первые 10 дней, за которым следует слабое повышение кислотности к 30-м суткам. Первоначальный рост pH, вероятно, является результатом биохимических процессов, включая активность термостабильных ферментов, катализирующих процесс образования щелочных побочных продуктов [107]. Незначительное снижение pH после 10 суток может быть связано с присутствием экстракта белой фасоли (pH 7,16), который, вероятно, изменяет кислотно-щелочной баланс, способствуя наблюдаемым тенденциям изменения pH. Более высокая стабильность pH у образца ДБМ3, по сравнению с ДБМ2 и МКМ, связана с различиями в белковом составе и буферной емкости, что следует учитывать при разработке гибридных растительно-молочных продуктов [108], а также со свойствами крахмала, которые определяют стабильность "молока" из белой фасоли [109].

Цветность

Цвет продуктов питания является важнейшим показателем качества, влияющим как на восприятие потребителя, так и на принятие продукта [99, 100]. На него воздействуют различные факторы, включая состав, условия обработки и взаимодействие ингредиентов [26]. Нами в течение 30-дневного периода холодильного хранения дибелковых матриц отслеживались параметры цветности (L, a, b, c, h), определяемые в системе координат CIE La*b*, которая считается оптимальным цветовым пространством для количественной оценки цвета пищевых продуктов [112]. Данные измерений представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18 – Хроматические параметры исследуемых образцов в процессе холодильного хранения (30 дней)

Показатели	День	ДБМ2	ДБМ3	МКМ
1	2	3	4	5
L*	1	55.30 ± 1.39^{Aa}	55.94 ± 0.79^{Aa}	57.88 ± 1.16^{Aa}
	10	46.47 ± 1.99^{Aa}	50.01 ± 1.56^{Aa}	53.61 ± 1.25^{Aa}
	20	56.83 ± 2.78^{Aa}	57.31 ± 1.07^{Aa}	61.53 ± 1.77^{Ab}

1	2	3	4	5
	30	51.18 ± 0.49^{Aa}	52.36 ± 1.57^{Aa}	54.66 ± 0.94^{Aa}
a*	1	1.32 ± 0.09^{Aa}	1.26 ± 0.10^{Aa}	0.57 ± 0.15^{Ba}
	10	0.98 ± 0.22^{Aa}	0.97 ± 0.04^{Aa}	0.35 ± 0.06^{Ba}
	20	2.03 ± 0.23^{Ab}	1.66 ± 0.24^{Aa}	0.78 ± 0.12^{Ba}
	30	1.44 ± 0.09^{Aa}	1.49 ± 0.30^{Aa}	1.29 ± 0.19^{Ab}
b*	1	6.35 ± 0.12^{Aa}	6.32 ± 0.15^{Aa}	6.90 ± 0.15^{Aa}
	10	6.00 ± 0.11^{Aa}	6.44 ± 0.49^{Aa}	6.70 ± 0.39^{Aa}
	20	7.66 ± 0.36^{Ab}	7.11 ± 0.24^{Aa}	8.20 ± 0.42^{Aa}
	30	6.62 ± 0.18^{Aa}	6.97 ± 0.50^{Aa}	8.24 ± 0.50^{Aa}
c*	1	6.49 ± 0.12^{Aa}	6.44 ± 0.16^{Aa}	6.92 ± 0.14^{Aa}
	10	6.08 ± 0.12^{Aa}	6.51 ± 0.47^{Aa}	6.71 ± 0.39^{Aa}
	20	7.92 ± 0.40^{Ab}	7.30 ± 0.27^{Aa}	8.23 ± 0.43^{Ab}
	30	6.78 ± 0.19^{Aa}	7.13 ± 0.44^{Aa}	8.35 ± 0.52^{Ab}
h*	1	78.23 ± 0.90^{Aa}	78.71 ± 0.67^{Aa}	85.24 ± 1.28^{Ba}
	10	80.75 ± 1.96^{Aa}	81.39 ± 0.95^{Aa}	86.98 ± 0.32^{Aa}
	20	75.18 ± 0.95^{Aa}	76.91 ± 1.44^{Aa}	84.55 ± 0.69^{Aa}
	30	77.77 ± 0.53^{Aa}	77.87 ± 2.98^{Aa}	81.11 ± 0.79^{Ab}
ΔL	1	$42.59\pm1,37^{Aa}$	$41.95\pm0,80^{Aa}$	40.08 ± 1.14^{Aa}
	10	51.33 ± 1.98^{Ab}	47.84 ± 1.59^{Ab}	44.29 ± 1.21^{Bb}
	20	41.27 ± 2.81^{Aa}	40.70 ± 1.09^{Aa}	36.68 ± 1.68^{Ac}
	30	46.72 ± 0.50^{Aa}	45.58 ± 1.53^{Ab}	43.47 ± 0.86^{Bb}

Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение. Разные заглавные буквы (A, B) в верхнем индексе обозначают статистически значимые различия ($p < 0.05$) между образцами в каждый конкретный день, а разные строчные буквы (a, b) в верхнем индексе обозначают статистически значимые различия ($p < 0,05$) между днями для каждого конкретного образца. ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ) и МКМ (100% КМ).

В нашем исследовании обнаружено, что значения L*, указывающие на яркость, на протяжении всего периода наблюдений (30 дней) следуют одной закономерности для всех образцов: снижение яркости на десятый день хранения (особенно резкое для образца ДБМ2), затем повышение на двадцатый день (также более выраженное для ДБМ2) и повторное снижение значений яркости к тридцатому дню хранения. На протяжении всего исследования значения L* для образца МКМ оставались выше по сравнению с образцами ДБМ2 и ДБМ3.

Значения a*, b* и c*, указывающие соответственно на красный оттенок, желтый оттенок и насыщенность цвета, для ДБМ2 и ДБМ3 менялись по той же схеме, что и L*: они незначительно снижались к десятому дню хранения, заметно увеличивались к двадцатому дню и снова уменьшались к тридцатому дню наблюдений. Причем для ДБМ2 изменения b* и c* были более выражены и к концу периода наблюдений приблизились к значениям МКМ. Образец МКМ вел себя несколько иначе: для него значения b* и c* заметно возросли к двадцатому дню, после чего практически не менялись. В то время как значение a* после некоторого снижения к десятому дню равномерно увеличивалось к тридцатому дню хранения, достигая значений, близких к ДБМ2 и ДБМ3.

Значения h* (угол цветового тона) для ДБМ2 и ДБМ3 демонстрируют небольшое увеличение к десятому дню, затем снижение (к двадцатому дню) и некоторый рост к тридцатому дню хранения. Здесь образец МКМ также ведет себя иначе: его значения h* после небольшого увеличения к десятому дню постепенно снижаются к концу периода наблюдений.

Переменная ΔL показывает изменение цвета между днями и образцами. На 1-й день значимых различий между образцами нет. На 10-й день наивысшие значения у ДБМ2, а самые низкие — у МКМ. На 20-й день значения ΔL для ДБМ2 и ДБМ3 схожи, но для МКМ значительно ниже. На 30-й день ΔL МКМ остается самым низким, в то время как ΔL у ДБМ2 и ДБМ3 сопоставимы.

Одной из возможных причин наблюдаемой изменчивости значений L* образцов во время хранения является возникновение биохимических процессов в таких сложных молочно-растительных матрицах, обусловленных взаимодействием полифенолов с молочными белками, в частности с казеином, что влияет на цвет [26]. Как отмечается в исследованиях [113], растительные белки имеют более тёмный цвет, чем молочные, что объясняется наличием природных пигментов и окислением фенольных соединений. Эту разницу могут объяснить более высокие значения светлоты (L*) у МКМ.

Реологические свойства. Намазываемость.

Функционально-технологические свойства таких структур как многокомпонентные пищевые матрицы представляют особый интерес с точки зрения их поведения в процессе производства, хранения и использования. Реологические и физические характеристики аналога сыра для пиццы, содержащего сычужный казеин и растительное масло, были определены с помощью ротационного реометра [104]. Измерения показали, что все образцы соответствовали вязкопластичной модели Гершеля-Балкли при различных напряжениях сдвига. Наивысшие значения кажущейся вязкости и напряжения сдвига были получены при pH 6,4. Аналогичные исследования для полученных нами молочно-растительных матриц проведены впервые.

Крем-сыр и подобные ему намазываемые продукты считаются вязкопластичными продуктами, то есть их текстура может меняться под напряжением. Одним из ключевых аспектов, влияющих на удовлетворенность потребителей, является намазываемость крем-сыров, которая определяет, насколько легко и равномерно их можно распределить.

Наше исследование показало, что экспериментальный образец ДБМ2**,** содержащий ЭБФ, обладал значительно более низким напряжением сдвига, чем контрольный образец МКМ, изготовленный только из коровьего молока. Среди образцов с добавлением ЭБФ мы наблюдали, что намазываемость улучшалась с увеличением количества ЭБФ в смеси. Удовлетворительная намазываемость достигалась только при использовании смесей, содержащих 30% и 50% ЭБФ.

Рис. 3.8. демонстрирует зависимость вязкости от скорости сдвига для различных образцов в процессе хранения, полученную с помощью ротационного реометра RheolabQC (Anton Paar, Германия) с программным обеспечением RheoCompass.

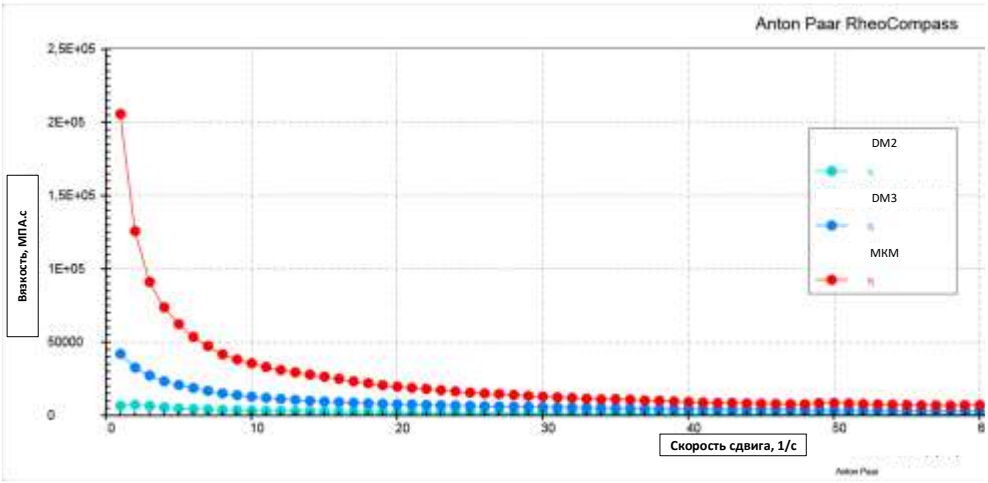


Рис. 3.8 – Кривые течения (зависимость кажущейся вязкости от скорости сдвига) исследуемых образцов в 1-й день: ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ), МКМ (100% КМ)

Аналогичные данные были получены для исследуемых образцов, хранившихся в течение 10 и 20 дней с даты производства. Все три серии данных демонстрируют снижение вязкости по мере увеличения скорости сдвига. Красная линия (МКМ) начинается с самой высокой начальной вязкости и показывает наиболее значительное падение. Синяя (ДБМ2) и зелёная (ДБМ3) линии имеют сходные тенденции с незначительно различающимися значениями вязкости. Зависимость вязкости от скорости сдвига на рис. 3.8. показала, что образцы ДБМ с ЭБФ обладали более низким пределом текучести, что улучшало их намазываемость по сравнению с контролем.

Авторы [109] предполагают, что из-за высокого содержания крахмала в ЭБФ его количество и физико-химические свойства могут играть важную роль в стабильности конечного продукта.

Сенсорный профиль

Сенсорный профиль играет ключевую роль в качественной характеристике продукта, обеспечивая его приемлемость для потребителя, которая в значительной степени зависит от вкуса, текстуры, аромата и внешнего вида. Даже если продукт обладает превосходными питательными или функциональными свойствами, он может потерпеть неудачу на рынке, если не оправдает сенсорных ожиданий потребителей. Это особенно важно для

молочных продуктов и их растительных альтернатив, где привычки и предпочтение определенных текстур и вкусов влияют на решения о покупке [77]. Нами проведен количественный дескриптивный анализ (КДА) в 1-е сутки (табл. 3.19.) и оценка приемлемости каждые 10 суток (табл. 3.20).

Таблица 3.19 – Сенсорный профиль в 1ый день

Дескрипторы	ДБМ2	ДБМ3	МКМ
Равномерный, однородный цвет	7.84±3.30[a]	8.56±1.16[a]	8.30±2.24[a]
Цвет от белого до желтого	2.58±2.08[a]	5.46±3.03[a]	2.22±2.56[a]
Кислый вкус	0.62±0.69[a]	1.84±3.45[в]	1.86±3.44[в]
Посторонний привкус	7.32±1.36[a]	5.20±0.57[a]	1.50±1.87[b]
Сладость	4.00±3.72[a]	4.40±2.58[a]	6.70±1.79[a]
Интенсивность вкуса	3.16±2.44[a]	3.92±2.75[a]	7.18±1.81[b]
Однородный вкус	9.06±0.70[a]	8.06±1.07[a]	5.92±2.87[b]
Твердость	3.62±4.09[a]	4.36±2.63[a]	6.30±2.59[a]
Чистая, безупречная поверхность	6.60±3.13[a]	6.66±2.13[a]	5.38±3.60[a]
Гладкая поверхность	9.36±0.78[a]	9.30±0.80[a]	9.36±0.87[a]

Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение. Разные строчные буквы (a, b) в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между образцами по каждому соответствующему дескриптору. ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ), МКМ (100% КМ).

В образцах ДБМ3 и МКМ чувствовался кислый вкус без значимых различий между ними (табл. 3.20). Образец ДБМ2 получил наивысшую оценку за посторонний привкус, за ним следовал ДБМ3, тогда как МКМ был достоверно ниже. Образец МКМ имел более высокую оценку уровня сладости по сравнению с ДБМ2 и ДБМ3. МКМ также имел достоверно более высокую оценку интенсивности вкуса (табл. 3.20).

Таблица 3.20 – Общая приемлемость исследуемых образцов во время холодильного хранения

День	ДБМ2	ДБМ3	МКМ
1	5.48 ± 3.73^{Aa}	6.96 ± 2.74^{Aa}	8.86 ± 1.35^{Aa}
10	4.18 ± 1.48^{Aa}	6.70 ± 2.25^{Aa}	7.38 ± 0.85^{Aa}
20	4.88 ± 3.25^{Aa}	5.75 ± 3.50^{Aa}	6.95 ± 2.39^{Aa}
30	5.63 ± 1.11^{Aa}	7.13 ± 1.18^{Aa}	7.75 ± 0.65^{Ba}

Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение. Разные заглавные буквы (A, B) в верхнем индексе в один день указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между образцами, а разные строчные буквы (a, b) для одного образца указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между днями. ДБМ2 (50% КМ и 50% ЭБФ), ДБМ3 (70% КМ и 30% ЭБФ), МКМ (100% КМ).

Образец из коровьего молока (МКМ) демонстрировал наивысшие баллы приемлемости на всех временных точках по сравнению с ДБМ2 и ДБМ3.

Несмотря на низкие баллы (табл. 3.21), что можно объяснить специфическим вкусом "бобового молока", характерным для бобовых культур, который может быть непривычным для потребителей [114], дегустаторы все же считали образцы ДБМ приемлемыми. Эти результаты согласуются с ранее опубликованными исследованиями сенсорных профилей [82,93,98].

Белая фасоль содержит липоксигеназу (LOX) — фермент, катализирующий окисление ненасыщенных жирных кислот, что приводит к образованию летучих соединений, ответственных за посторонние привкусы, такие как травянистый, бобовый и прогорклый. Исследования показали, что устранение изоформ LOX в соевых бобах снижает количество этих летучих соединений с посторонним запахом [115]. Существует несколько гипотез, предполагающих, что нелетучие соединения, такие как сапонины, фенольные соединения и алкалоиды, вносят вклад в горечь и терпкость бобовых [116] .

3.6. Технология производства дибелкового спреда с наполнителями

Практическим применением экспериментальной матрицы ДБМ3 (молоко/фасоль) стала разработка технологии дибелкового спреда — нового

функционального продукта, который обладает высокой потребительской приемлемостью и потенциалом для создания линейки как десертных, так и закусочных форм. Технология предусматривает возможность устранения характерного бобового привкуса за счет введения различных вкусовых наполнителей, таких как зелень и специи. Разработанная технология исключает этапы прессования, использования мешков и вальцовки, сокращая технологическую цепочку и необходимое оборудование. Технологическое преимущество заключается в радикально укороченной цепочке производства, которая начинается непосредственно со смешивания готовой матрицы с рецептурными компонентами.

Свежевыработанная из коровьего молока (70%) и экстракта белой фасоли (30%) матрица ДБМ3 была использована для экспериментальной выработки дибелковой пасты с добавками. Выбор ДБМ3 был связан с высоким выходом и хорошей влагоудерживающей способностью. Технология производства дибелкового спреда дана на рис. 3.9.

Рис. 3.9–Технологическая схема производства дибелкового спреда

При оценке органолептических показателей установлено, что консистенция продукта однородная, кремовая, очень пластичная и легко

намазывается. Цвет характеризовали как светло-бежевый, кремовый. Вкус и запах нежные, с легкой горечью и характерным привкусом фасоли. Массовая доля жира в сухом веществе полученного спреда составила 22 процента, а уровень pH достиг 5,14. Приемлемость продукта без использования наполнителей оценивается в 6–7 баллов, тогда как при добавлении наполнителей этот показатель меняется в зависимости от их вида.

В рамках исследования были опробованы различные добавки: укроп, шпинат, черный тмин, семена подсолнечника, а также композиция из черного перца с чесноком. Все протестированные образцы продемонстрировали высокую степень потребительской приемлемости и хорошо справлялись с маскировкой специфического бобового привкуса. Наилучшие результаты при этом показали пасты, в состав которых входили шпинат, а также сочетание черного перца и чеснока.

3.7. Применение вторичных продуктов переработки фасоли

3.7.1. Технология производства спреда из жмыха белой фасоли с добавлением пасты Тахини («хумус из фасоли»)

Помимо основного продукта, в процессе экстракции ЭБФ образуется влажный жмых – побочный продукт, который может найти применение в выпечке, производстве котлет или в качестве удобрения. Благодаря сохранению значительного количества белка и клетчатки, жмых обладает высокой пищевой ценностью. Переработка этого побочного продукта имеет важное значение, поскольку позволяет превратить отход производства в ценный пищевой ингредиент, сокращая потери сырья и повышая рентабельность.

Для утилизации данного отхода был разработан новый продукт – хумус из белой фасоли по рецептуре, приведенной в табл. 3.21.

Таблица 3.21 – Рецептура фасолевого хумуса

Ингредиент	Количество, кг	Примечание
Фасоль-жмых (паста)	333	
Вода для варки	333	До мягкости
Соль поваренная	8	
Паста Тахини	167	Для кремовой текстуры
Лимонный сок	50	По вкусу
Зира молотая	3	Обжарить перед помолом
Чеснок свежий	5	Опционально
Оливковое масло	50	Для текстуры и вкуса
Лед/холодная вода	50	Для кремообразности
Итого	**1000**	
Выход продукта	**750**	

Технологическая схема производства хумуса представлена в табл. 3.22.

Таблица 3.22 – Технология производства хумуса

Процесс	Режимы
Размельчение отходов до пастообразной консистенции	
Внесение соли	
Варка жмыха	Варить в подсоленной воде 40-60 минут до полного размягчения
Охлаждение	Охладить до комнатной температуры (20-25°C)
Подготовка зиры	Обжарить на сухой сковороде 1-2 мин, перемолоть
Смешивание	Фасоль + тахини + масло + специи
Измельчение	Взбивать в блендере 4-5 минут на высокой скорости
Фасовка	Переложить в чистую тару, укупорить
Хранение	4-6^{o}C в течение 3-х суток

Полученный хумус понравился большинству дегустаторов с общей приемлемостью от 8-ми до 10-ти баллов. Однородная, кремовая, пластичная, консистенция позволяет хумусу легко намазываться. Цвет от светло-бежевого до кремового. Вкус хумуса нежный, с нотами пасты тахини, с легкой кислинкой, с пряными нотами зиры и чеснока. Массовая доля влаги составила 77%. Рекомендуемый срок годности до 3 суток при t 4±2°С в свежем виде, при горячем розливе – 30 суток.

3.8. Экономическая эффективность производства ферментированного напитка и крем сыра

На основе проведенных исследований проведена выработка крем-сыра на производственной базе ОсОО Юнайтед Фуд Альянс. Акт проведенных испытаний представлен в Приложении. Расчеты сделаны на примере норм производственных расходов данного предприятия.

Эффективность выработки экстракта белой фасоли

Масса полученного ЭБФ из 500 г сухой фасоли: 3255 г

Общая масса суспензии: 4000 г

Масса полученного жмыха: 625 г. Выход жмыха от сухой фасоли: 625 г / 500 г = 125% Потери – 120 г (3% от массы суспензии)

Рыночная цена фасоли: 150 сом за кг.

В табл. 3.23. приведен расчет затрат на сырье для производства ЭБФ.

Таблица 3.23 – Расчет затрат на сырье для производства ЭБФ

Наименования сырья	Количество, кг	Цена за 1кг, сом	Стоимость, сом
Фасоль белая	0,5	150,0	75,0
Вода	3,5	0,1	0,2
ИТОГО	4		75.2
Стоимость 1 кг ЭБФ	3,255		23,1

Текущая стоимость коровьего молока колеблется от 45 до 48 сомов. Следовательно, стоимость экстракта белой фасоли ниже стоимости коровьего молока в среднем почти в 2 раза. Расчет стоимости смеси III (70% КМ / 30% ЭБФ), использованного для выработки ФМРН3 для крем-сыра в виде ферментированного напитка, приведен в табл. 3.24.

Таблица 3.24 – Расчет затрат на сырье для производства ФМРН3

Наименование сырья	Ед. изм.	Расход сырья на 1000кг	Цена за 1кг, сом	Стоимость, сом
Молоко 3,2%	кг	700,0	45,0	31500,0
ЭБФ	кг	300,0	23,1	6930,0
Закваска	г	1	75	75
Итого				38430
Стоимость 1 кг ФМРН3	сом			38,43

При производстве ФМРН3 производится 30%-ная замена коровьего молока на ЭБФ. Следовательно, вместо 300 кг коровьего молока по цене 45 сом за кг (300 х 45 =13500 сом) расходуется ЭБФ по цене 23,1 сом (300 х 23,1 сом = 6930 сом).

Экономия составляет 13500 – 6930 = 6570 сом с каждой тонны ферментированного напитка. При переработке молочно-растительной смеси в ФМРН3 в качестве самостоятельного продукта в объеме 10т в сутки экономия по сырью составит 65700 х 22 рабочих дня = 1,445,400 сом в месяц.

Расчет экономической эффективности производства крем сыра

Таблица 3.25 – Расчет затрат на сырье и вспомогательные материалы для производства сливочного крем-сыра

Наименование сырья	Ед. изм.	Расход сырья на 1000кг	Цена за 1кг, сом	Стоимость, сом
1	2	3	4	5
ФМРН3	кг	686	38,43	26362,98
Сливки 65%	кг	285	700	199500

1	2	3	4	5
Сухое обезжиренное молоко	кг	17	330	5610
Стабилизатор (Гуаровая камедь)	кг	8	1400	11200
Соль поваренная	кг	4	15	60
Итого				242732,98

Расходы по транспортировке и заготовке сырья (5% от стоимости сырья) составляют 242732,98 *5% = 12136,65 сом,

Расходы на энергоносители (топливо, вода, электроэнергия) составляют 2,2% от стоимости сырья 242732,98 *2,2% = 5340,1 сом,

Заработная плата рассчитывается из расчета необходимости 3-х работников производства для производства 1000 кг крем-сыра. За выпуск 1000 кг готовой продукции выплачивается по 1570 сом каждому работнику с учетом всех налогов.

Таблица 3.26 – Расчет заработной платы, страховых взносов и подоходного налога

№	Работник	Оклад	Дней	К начислению	Страховые взносы	Вычеты	Всего вычет	Подоходный налог	К выплате
1	Работник	32951	1	1 569,10	156,91	650	806,91	76,22	1 335,97
2	Работник	32951	1	1 569,10	156,91	650	806,91	76,22	1 335,97
3	Работник	32951	1	1 569,10	156,91	651	807,91	76,12	1 336,07
	Итого				470,73	1 951,00	2 421,73	228,56	4 008,00

Налоги и страховые взносы составляют 699,28 сом, заработная плата к выплате 4 008,00 сом.

Производственные расходы составляют сумму всех вышеперечисленных расходов 242732,98+12136,65+5340,1 +699,28+4 008,00=264917,01 сом.

Внепроизводственные расходы составляют 6% от суммы производственных расходов 264917,01 х 6% = 15895,02 сом.

Совокупность всех расходов (производственных и внепроизводственных) составляет полную себестоимость продукта 264917,01 + 15895,02 = 280812,031сом.

Прибыль от реализации продукции определяется как произведение полной себестоимости и рентабельности:

П = ПС х Р/100, (3.1)

где П – прибыль, сом,

ПС – полная стоимость, сом

Р – рентабельность продукта, %

При 30%-ной рентабельности прибыль составит П = 280812,031 х 30% = 84243,6 сом

Расчет оптовой цены

Цопт = (ПС+П) х (НДС + НсП) %, (3.2)

Цопт = (280812,031 + 84243,6) х 1,13 = 412512,9 сом за 1 тонну готовой продукции, что на единицу продукта составляет 412,5сом за 1 кг.

В табл. 3.27. приведен сравнительный анализ расходов и цен крем-сыра на основе ферментированной молочно-растительной смеси (ФМНР3) и частого ферментированного молока (ФКМ).

Таблица 3.27 – Сравнительный анализ расходов и цен при использовании коровьего молока и ФМРН3

Наименование	Крем-сыр из ФМРН, сом	Крем-сыр из коровьего молока, сом
1	2	3
Сумма затрат на сырье	242732,98	247240
Расходы по транспортировке и заготовке сырья	12136,65	12136,65
Расходы на энергоносители	5340,1	5340,1

1	2	3
Заработная плата	4 008,00	4 008,00
Налоги	699,28	699,28
Внепроизводственные расходы	16165,442	15895,02
Полная себестоимость	280812,03	285589,50
Прибыль	84243,6	85676,85
Цена оптовая	**412512,94**	**419530,97**

Расчеты себестоимости крем-сыр из чистого коровьего молока сделаны по аналогии вышеуказанных расчетов.

Экономическая эффективность производства ферментированного молочно-растительного напитка (ФМРН3) как промежуточного продукта подтверждается расчетами. Себестоимость переработки молочно-растительной смеси обеспечивает экономию в размере 6 570 сом на каждой тонне сырья. При планируемом объеме производства 10 тонн в сутки и 22 рабочих днях в месяц суммарная экономия сырьевых затрат составит 1 445 400 сом ежемесячно.

Экономическая эффективность предлагаемого решения подтверждается расчетами: замена традиционного сырья для крем-сыра на разработанную композицию (ФМРН3) обеспечивает экономию в размере 7018 сом на каждой тонне готовой продукции. При проектной мощности производства 10 тонн в сутки ожидаемый месячный экономический эффект составит 1 543 960 сом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая диссертационная работа посвящена разработке технологии аналогов молочных продуктов на основе молочно-растительных пищевых матриц, содержащих фасолевый экстракт. В ходе исследования сформированы теоретические и экспериментальные основы создания дибелковых систем с заданными физико-химическими, технологическими и функциональными характеристиками. Впервые комплексно исследованы аспекты совместного использования коровьего молока и экстракта белой фасоли. Подтвержден синергетический эффект данной комбинации при разработке гибридных продуктов. Полученные результаты расширяют современные представления о механизмах структурообразования и ферментации в дибелковых системах и формируют новое направление в технологии функциональных продуктов питания.

Результаты, полученные в рамках данной диссертационной работы, позволяют сделать ряд обобщающих выводов относительно интеграции коровьего молока и экстракта белой фасоли в составе молочно-растительных матриц.

1. Отработаны технологические параметры получения молокоподобного экстракта белой фасоли (ЭБФ) с предварительным замачиванием бобов в течение 12 ч в воде комнатной температуры (22-25ºС) при соотношении вода:фасоль, равном 3:1, с последующим измельчением гидратированной фасоли с водой (соотношение 1:3) и отделением экстракта фильтрованием. Состав полученного экстракта: углеводы 3,53%, жиры 0,16%, белки 2,08%, зола 0,32%.
2. Изучены технологические свойства пищевых композиций, состоящих из экстракта белой фасоли (ЭБФ) и коровьего молока (КМ) в различных соотношениях (30% КМ / 70% ЭБФ, 50% КМ / 50% ЭБФ, 70% КМ / 30% ЭБФ) в сравнении с контрольными образцами (ЭБФ, КМ). Установлено наиболее приемлемое соотношение компонентов ЭБФ:КМ, равное 3:7 и

обеспечивающее технологическую стабильность ферментированных молочно-растительных матриц, формирование устойчивой консистенции и приемлемые органолептические показатели.

3. На основании полученных данных разработана технология молочно-растительных напитков, ферментированных пробиотической закваской (АВТ9), состоящей из комбинации культур микроорганизмов *Streptococcus thermophilus* и культур микроорганизмов пробиотического типа *Bifidobacterium bifidum* и *Lactobacillus acidophilus*. Установлено, что длительность процесса ферментации исследованных смесей сокращается, что имеет важное технологическое значение в производстве кисломолочных продуктов.
4. Определены органолептические, физико-химические свойства (в том числе реологические и микроструктурные) и микробиологические показатели полученных ферментированных молочно-растительных напитков в процессе холодильного хранения (28 дней).
5. Установлено, что процессы ферментации и холодильного хранения значительно улучшают вкус ферментированных напитков: общая приемлемость ферментированной белой фасоли ФЭБФ выросла с 2,04 до 7,63 балла, ФМРН1 – с 4,00 до 8,75 балла, ФМРН2 – с 5,8 до 8,25 балла.
6. Установлено, что введение ЭБФ в коровье молоко снижает массовую долю жира с 3,12% до 0,95% и усвояемых углеводов – с 4,57% до 3,28%, а также повышает вязкость ферментированных напитков. Кроме того, комбинация белков животного и растительного происхождения усиливает их усвояемость и, следовательно, повышает биологическую ценность готовых продуктов.
7. В результате исследования микроструктуры выявлено, что образец ФМРН3 (30% ЭБФ + 70% КМ) обладает более плотной и компактной структурой, чем ФКМ, что обеспечило повышение вязкости напитка. Способность экстракта белой фасоли в дозировке с 30% до 50%

действовать как натуральный загуститель подтверждает целесообразность его использования в качестве функционального ингредиента.

8. Установлена высокая выживаемость *Bifidobacterium bifidum* в ферментированном фасолевом экстракте (до 6,76 lg КОЕ/г) и его композициях с пониженной долей молока (до 6,8g КОЕ/г) – на 21-е сутки хранения, что, вероятно, связано с наличием природных пребиотиков (раффиноза, стахиоза, резистентный крахмал, пищевые волокна), формирующих синбиотические композиции.
9. На основе ферментированного молочно-растительного напитка с оптимальным соотношением компонентов разработана технология крем-сыра с апробацией в производственных условиях сыродельного предприятия ОсОО Юнайтед Фуд Альянс.
10. Разработана технология дибелкового матрикса хлоркальциевым осаждением молочно-растительной смеси при температуре 95˚С в течение 25 минут путем добавления 40%-ного раствора $CaCl_2$. Определены органолептические, физико-химические (в том числе реологические и микроструктурные свойства) компонентов (ЭБФ, КМ) и их смесей в процессе холодильного хранения (30 дней). Установлено, что наиболее приемлемое соотношение компонентов в технологии дибелкового матрикса имеет смесь 30% ЭБФ и 70% коровьего молока, обладающее наилучшими органолептическими и физико-химическими свойствами.
11. Установлено, что введение экстракта белой фасоли в коровье молоко при производстве дибелковых матриц способствует повышению их влагоудерживающей способности, что, в свою очередь, позволяет исключить такие технологические операции, как ферментация и обработка сгустка, что имеет технологическое и экономическое значение.
12. Установлено, что включение ЭБФ в коровье молоко при производстве ДМ изменяет микроструктуру продукта, делая ее более открытой и пористой, что напрямую сказывается на текстуре, способности к намазыванию и удержании влаги, и может стать эффективным способом улучшения

структурной целостности низкожирных молочных продуктов без применения стабилизирующих систем.

13. На основе дибелкового матрикса разработана технология спреда с наполнителями с массовой долей жира в сухом веществе 20% и влаги 75% со сроком хранения 30 суток. В рамках исследования были опробованы различные добавки: укроп, шпинат, черный тмин, семена подсолнечника, а также композиция из черного перца с чесноком.
14. Разработана технология хумуса с массовой долей влаги 77% из жмыха белой фасоли, полученного после экстракции, что обеспечивает переход к циркулярной экономике с минимизацией или полным исключением производственных отходов; проведена апробация в производственных условиях сыродельного предприятия ОсОО Юнайтед Фуд Альянс.
15. Значительный социальный, экономический и экологический эффект от внедрения разработанных технологий в производство достигается за счет расширения ассортимента функциональных продуктов на основе молочно-растительных матриц, снижения себестоимости готовых продуктов и переработки отходов.

Таким образом, цель диссертационного исследования, заключавшаяся в научном обосновании и практической реализации технологии получения продуктов питания на основе экстракта белой фасоли и коровьего молока, достигнута в полном объеме.

.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Настоящее исследование подтвердило высокий потенциал использования экстракта белой фасоли (ЭБФ) и его композиций с коровьим молоком для создания гибридных молочно-растительных продуктов с уникальными свойствами и пользой для здоровья. Вместе с тем работа показала необходимость улучшения сенсорных качеств ферментированных напитков и дибелковых матриц на основе ЭБФ. Будущие исследования целесообразно направить на оптимизацию технологических режимов и рецептур с целью минимизации посторонних привкусов и повышения потребительской приемлемости.

Инновационные методы обработки. Для решения задач по улучшению текстуры и вкусоароматического профиля рекомендуется применение современных технологий: дезодорации, мембранной фильтрации и сублимационной сушки. Данные методы позволяют усовершенствовать функциональные свойства продуктов и повысить их привлекательность для потребителей.

Организация производства сухого экстракта в Кыргызской Республике. Производителям пищевых ингредиентов и продуктов здорового питания рекомендуется освоить выпуск сухого экстракта белой фасоли (СЭБФ). Это позволит исключить из технологического цикла пищевых предприятий длительные стадии замачивания, экстракции и фильтрации; обеспечить стабильность состава и функциональных свойств ингредиента; упростить логистику, хранение и дозирование за счет сухой формы.

При производстве СЭБФ необходимо применять методы, снижающие содержание соединений, ответственных за нежелательный привкус:

бланширование или гидротермическая обработка семян перед экстракцией для инактивации окислительных ферментов;

ультрафильтрация жидкого экстракта для отделения низкомолекулярных вкусоароматических веществ от целевых белков;

щадящие режимы сушки (распылительная или сублимационная), исключающие термическую деструкцию и появление привкусов.

Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшего изучения требуют синбиотические свойства гибридных систем, поскольку экстракт фасоли в сочетании с коровьим молоком может служить эффективным субстратом для роста и развития пробиотических культур, в частности бифидобактерий. Жмых, полученный в процессе экстракции белой фасоли, сохраняет высокую пищевую ценность и может быть использован как самостоятельный полуфабрикат или как основа для производства готовых спредов и соусов с различными наполнителями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тилекеев**, К. Производство и экспорт фасоли в Кыргызской Республике: анализ производственно-сбытовой цепочки / К. Тилекеев, М. Могилевский, Н. Абдразакова, Ш. Джумаева. // 2018 – URL https://ucentralasia.org/ru/publikafii/2018/march/proizvodstvo-i-eksport-fasoli-v-kyrgyzskoi-respublike-analiz-proizvodstvenno-sbytovoi-fepochki
2. **Manasa**, R. Non-dairy plant based beverages: A comprehensive review / R. Manasa, M. Harshita, M. Prakruthi, S. Naik, M. Shivananjappa. // The Pharma Innovation Journal. – 2020. – P. 258–271 https://www.researchgate.net/publication/383377738_Non-dairy_plant_based_beverages_A_comprehensive_review
3. **Reyes-Jurado**, F. Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics / F. Reyes-Jurado, N. Soto-Reyes, M. Dávila-Rodríguez, A. C. Lorenzo-Leal, M. T. Jiménez-Munguía, E. Mani-López, A. López-Malo. // Food Reviews International. – 2023. – Vol. 39. – P. 2320–2351 – https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421
4. **Lumsden**, C. L. Critical overview of the implications of a global protein transition in the face of climate change: Key unknowns and research imperatives / C. L. Lumsden, J. Jägermeyr, L. Ziska, J. Fanzo. // One Earth. – P. 1187–1201 – https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.06.013
5. **Srenuja**, D. Kidney bean: Protein’s treasure trove and creates avenues for a healthy lifestyle / D. Srenuja, V. Hema, M. T. Anand, R. J. Mohan, R. Vidyalakshmi. // Legume Science. – 2023. – Vol. 5. – P. e193 – https://doi.org/10.1002/leg3.193
6. **Siddiqui**, S. Plant-Based Milk – Thoughts of Researchers and Industries on What Should Be Called as ´milk´ / S. Siddiqui, T. Mehany, H. Schulte, R. Pandiselvam, A. Nagdalian, A. Golik, M. Asif Shah, M. Shahbaz, S. Maqsood. // Food Reviews International. – Vol. 40. – P. 1703–1730 – https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2228002

7. **Samtiya**, M. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview / M. Samtiya, R. Aluko, T. Dhewa. // Food Production, Processing and Nutrition. – 2020. – Vol. 2. – P. 6 – https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5
8. **Nissar**, J. A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical / J. Nissar, T. Ahad, H. Naik, S. Hussain. // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2017. – P. 1554–1560 – https://www.researchgate.net/publication/333775737_A_review_phytic_acid_As_antinutrient_or_nutraceutical
9. **Miroshnikov**, A. A new view on plant and animal protein / A. Miroshnikov, A. Smolensky, A. Meshtel, P. Rybakova. // Clinical nutrition and metabolism. – 2021. – P. 222–227 – https://doi.org/10.17816/clinutr105296
10. **Бычкова**, Е. Особенности производства и усвоения белков растительного и животного происхождения: обзор предметного поля / Е. Бычкова, Е. Подгорбунских, П. Кудачева, Н. Еремеева. // Хранение и переработка сельхозсырья – URL: https://www.spfp-mgupp.ru/jour/article/view/473/370
11. **D'Souza**, C. M. Veganism: Theory of planned behaviour, ethical concerns and the moderating role of catalytic experiences / C. M. D'Souza, A. R. Brouwer, S. Singaraju. // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Vol. 66. – P. 102952 – https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2022.102952
12. **Krauss**, R. Public health guidelines should recommend reducing saturated fat consumption as much as possible: Debate Consensus / R. Krauss, P. Kris-Etherton. // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2020. – Vol. 112. – P. 25–26 – https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa134
13. **Poore**, J. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers / J. Poore, T. Nemecek. // Science. – 2018. – Vol. 360. – P. 987–992 – https://doi.org/10.1126/science.aaq0216
14. Plant-based retail market overview | GFI // 2021 – URL: https://gfi.org/marketresearch/ (дата обращения: 01.09.2025)
15. Veganism and vegetarianism worldwide // Statista. – 2025 – URL:

https://www.statista.com/topics/8771/veganism-and-vegetarianism-worldwide/ (дата обращения: 01.09.2025)

16. **Plamada**, D. Plant-Based Dairy Alternatives—A Future Direction to the Milky Way / D. Plamada, B. Teleky, S. Nemes, L. Mitrea, K. Szabo, L.-F. Călinoiu, M. S. Pascuta, R.-A. Varvara, C. Ciont, G. A. Martău, E. Simon, G. Barta, F. V. Dulf, D. C. Vodnar, M. Nitescu. // Foods. – 2023. – Vol. 12. – P. 1883 – https://doi.org/10.3390/foods12091883
17. **Jaeger**, S. Plant-Based Alternatives Need Not Be Inferior: Findings from a Sensory and Consumer Research Case Study with Cream Cheese / S. Jaeger, D. Jin, C. Roigard. // Foods. – 2024. – Vol. 13. – P. 567 – https://doi.org/10.3390/foods13040567
18. **El-Aal**, A. Production and Evaluation of Soft Sheep's Milk Cheese Analogues Supplemented With Quinoa Seed Flour and Xanthan Gum / A. El-Aal, A. El-Khair, A. Amany, A. Ateteallah. // Journal of Sohag Agriscience. – 2023. – P. 269–281 – http://dx.doi.org/10.21608/jsasj.2023.334541
19. **Восполнение дефицита питательных веществ** | Организация Объединенных Наций в Кыргызстане – URL: https://kyrgyzstan.un.org/ru/219505 (дата обращения: 01.09.2025)
20. **Социально-экономическое положение Кыргызской Республики** - Архив публикаций - Статистика Кыргызстана – URL: https://www.stat.gov.kg/ru/publications/doklad-socialno-ekonomicheskoe-polozhenie-kyrgyzskoj-respubliki/ (дата обращения: 15.10.2025)
21. **Национальное комплексное исследование микронутриентного статуса и антропометрических показателей** | UNICEF // 2022 – URL: https://www.unicef.org/kyrgyzstan/ru/publications (дата обращения: 15.10.2025)
22. **Suyunov**, A. Economic AI on the move: the relationship between sugar-sweetened beverages consumption and weight gain in Kyrgyzstan / A. Suyunov, K. Akramov. // Journal of Applied Economics. – 2024. – Vol. 27. – P. 2399457 – https://doi.org/10.1080/15140326.2024.2399457

23. **Kan**, L. Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars / L. Kan, S. Nie, J. Hu, S. Wang, S. Cui, Y. Li, S. Xu, Y. Wu, J. Wang, Z. Bai, M. Xie. // Food and Chemical Toxicology. – 2017. – Vol. 108. – P. 467–477 – https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.007
24. **Los**, F. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition / F. Los, A. Zielinski, J. Wojeicchowski, A. Nogueira, I. Demiate. // Current Opinion in Food Science. – 2018. – P. 63–71 – https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.010
25. **Wang**, S. Regular intake of white kidney beans extract (Phaseolus vulgaris L.) induces weight loss compared to placebo in obese human subjects / S. Wang, L. Chen, H. Yang, J. Gu, J. Wang, F. Ren. // Food Science & Nutrition. – 2020. – Vol. 8. – P. 1315–1324 – https://doi.org/10.1002/fsn3.1299
26. **Tosif**, M. M. A Comprehensive Review on the Interaction of Milk Protein Concentrates with Plant-Based Polyphenolics / M. M. Tosif, A. Najda, A. Bains, T. C. Krishna, P. Chawla, M. Dyduch-Siemińska, J. Klepacka, R. Kaushik. // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – Vol. 22. – P. 13548 – https://doi.org/10.3390/ijms222413548
27. **Tumbarski**, Y. Design of prebiotic cheese spreads enriched with biologically active compounds / Y. Tumbarski, V. Yanakieva, I. Ivanov, M. Ivanova, P. Ivanova, A. Parzhanova. // BIO Web of Conferences. Food Science and Technology. – 2024. – Vol. 102. – P. 10 – https://doi.org/10.1051/bioconf/202410201007
28. **Sayeeda Arshiya Farheen, N. R**. Development and Evaluation of Value-Added Cheese Spread using Red Cabbage Microgreens / Sayeeda Arshiya Farheen, N. R. // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. – 2024. – Vol. 12. – P. 3149–3154 – https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.60687
29. **Agustina, Delmonte, Cortez-Latorre Juan Diego and Rozycki Sergio Darío.** Whey Revalorization through the Development of Spreadable Cheeses / Agustina, Delmonte, Cortez-Latorre Juan Diego and Rozycki Sergio Darío. //

ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M. – 2022. – P. 228–244 – https://doi.org/10.18502/espoch.v2i2.11197

30. **Tharayil Udayarajan**, C. Development and Optimization of Vegan Cheese Spread: Studies in Rheology and Microstructure / C. Tharayil Udayarajan, K. Mohan, R. Pulliyil Muhammed, T. Mendez Ts, P. Nisha. // Journal of Culinary Science & Technology. – 2024. – P. 1–19 – https://doi.org/10.1080/15428052.2024.2359448
31. **Meghrabi**, S. Physicochemical and Sensory Characteristics of a New Milk Substitute from Dry White Kidney Bean / S. Meghrabi, M. I. Yamani. // Food Science and Technology (United States). – 2023. – Vol. 11. – P. 218–225 – https://doi.org/10.13189/fst.2023.110404
32. **Watier-Grillot**, S. From Foodborne Disease Outbreak (FBDO) to Investigation: The Plant Toxin Trap, Brittany, France, 2018 / S. Watier-Grillot, S. Larréché, C. Mazuet, F. Baudouin, C. Feraudet-Tarisse, L. Holterbach, A. Dia, C. Tong, L. Bourget, S. Hery, E. Pottier, O. Bouilland, M. Tanti, A. Merens, S. Simon, L. Diancourt, A. Chesnay, V. Pommier de Santi. // Toxins. – 2023. – Vol. 15. – P. 457 – https://doi.org/10.3390/foods11030463
33. **Gupta**, M. Plant and Dairy-Based Yogurts: A Comparison of Consumer Sensory Acceptability Linked to Textural Analysis / M. Gupta, D. Torrico, L. Ong, S. Gras, F. Dunshea, J. Cottrell. // Foods. – 2022. – Vol. 11. – P. 463 – https://doi.org/10.3390/foods11030463
34. **Ayivi**, R. Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt / R. Ayivi, S. Ibrahim. // International Journal of Food Science and Technology. – 2022. – Vol. 57. – P. 7008–7025 – https://doi.org/10.1111/ijfs.16076
35. **Council Decision of 14 November 1992 laying down methods for the analysis and testing of heat-treated milk for direct human consumption (92/608/EEC)** – URL: https://www.legislation.gov.uk/eudn/1992/608/annex/I/division/I (дата обращения: 09.10.2025)

36. **ISO 22184:2021|IDF 244:2021** // Milk and milk products — Determination of the sugar contents — High performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection method (HPAEC-PAD). – 2021 – URL: https://www.iso.org/standard/72822.html (дата обращения: 20.05.2024)
37. **ISO 8968-3:2004 | IDF 20-3:2004** // Milk — Determination of nitrogen content Part 3: Block-digestion method (Semi-micro rapid routine method). – 2004 – URL: https://www.iso.org/standard/35214.html (дата обращения: 20.05.2024)
38. **AOAC Official Method 945.46Ash of Milk: Gravimetric Method** // Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. – 2023 https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3044
39. **ISO 5534:2004 | IDF 4:2004** // Cheese and processed cheese — Determination of the total solids content (Reference method). – 2004 – URL: https://www.iso.org/standard/35249.html (дата обращения: 27.05.2024)
40. **ISO 1735:2004|IDF 5:2004** // Cheese and processed cheese products — Determination of fat content — Gravimetric method (Reference method). – 2004 – URL: https://www.iso.org/standard/35250.html (дата обращения: 28.07.2024)
41. **ISO 22662:2024 | IDF 198:2024** // Milk and milk products — Determination of lactose content by high-performance liquid chromatography (reference method). – 2024 – URL: https://www.iso.org/standard/84827.html (дата обращения: 27.05.2024)
42. **ISO 13903:2005** // Animal feeding stuffs — Determination of amino acids content. – 2005 – URL: https://www.iso.org/standard/37258.html (дата обращения: 05.01.2025)
43. **ISO/TS 11869:2012 | IDF/RM 150:2012** // Fermented milks — Determination of titratable acidity — Potentiometric method. – 2012 – URL: https://www.iso.org/standard/56875.html (дата обращения: 20.05.2024)44. **Mileriene**, J. Effect of liquid whey protein concentrate–based edible coating enriched with cinnamon carbon dioxide extract on the quality and shelf life of Eastern European curd cheese / J. Mileriene, L. Serniene, M. Henriques, D. Gomes, C. Pereira, K. Kondrotiene, N. Kasetiene, L. Lauciene, D. Sekmokiene,

M. Malakauskas. // Journal of Dairy Science. – 2021. – Vol. 104. – P. 1504–1517 – https://doi.org/10.3168/jds.2020-18732

45. **Hanley**, L. Legume milk-based yogurt mimetics structured using glucono-δ-lactone / L. Hanley, S. Dobson, A. Marangoni. // Food Research International. – 2024. – Vol. 184. – P. 114259 – https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114259
46. **ISO 11136:2014** // Sensory analysis — Methodology — General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area. – 2014 – URL: https://www.iso.org/standard/50125.html (дата обращения: 28.07.2024)
47. **Shalaby**, S. Red Cabbage and Turmeric Extracts as Potential Natural Colors and Antioxidants Additives in Stirred Yogurt / S. Shalaby, H. Amin. // Journal of Probiotics & Health. – 2018. – Vol. 06 – https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000206
48. **Selective enumeration of bifidobacteria in dairy products**: **development of a standard method** | Request PDF – URL: https://www.researchgate.net/publication/292265209_Selective_enumeration_of_bifidobacteria_in_dairy_products_development_of_a_standard_method (дата обращения: 18.10.2025)
49. **Süle**, J. Evaluation of culture media for selective enumeration of bifidobacteria and lactic acid bacteria / J. Süle, T. Kõrösi, A. Hucker, L. Varga. // Brazilian Journal of Microbiology. – 2014. – Vol. 45. – P. 1023–1030 – https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000300035
50. ISO 21528-2:2017 // Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count technique. – 2017 – URL: https://www.iso.org/standard/63504.html (дата обращения: 18.10.2025)
51. ISO 4832:2006 // Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coliforms — Colony-count technique. – 2006 – URL: https://www.iso.org/standard/38282.html (дата обращения: 18.10.2025)
52. **ISO 6611:2004 | IDF 94:2004** // Milk and milk products — Enumeration of colony-forming units of yeasts and/or moulds — Colony-count technique at 25

degrees C. – 2004 – URL: https://www.iso.org/standard/40473.html (дата обращения: 18.10.2025)

53. **Espírito-Santo**, A. Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber / A. Espírito-Santo, A. Lagazzo, A. Sousa, P. Perego, A. Converti, M. Oliveira. // Food Research International. – 2013. – Vol. 50. – P. 224–231 – https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.012
54. **Ugwona**, F. Production and quality evaluation of soymilk yoghurt / F. Ugwona, N. Obeta, U. Ejinkeonye, S. Aliyu. // Nigerian Journal of Nutritional Sciences. – 2018. – Vol. 39 – URL: https://www.researchgate.net/profile/Ejinkeonye-Uju/publication/336579600_Production_and_Quality_evaluation_of_soy_milk_yoghurt/links/5f47b27992851c6cfde7ef66/Production-and-Quality-evaluation-of-soy-milk-yoghurt.pdf
55. **World Gastroenterology Organisation (WGO)** // World Gastroenterology Organisation (WGO) – URL: https://www.worldgastroenterology.org (дата обращения: 21.02.2026)
56. **Hill**, C. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic / C. Hill, F. Guarner, G. Reid, G. R. Gibson, D. J. Merenstein, B. Pot, L. Morelli, R. B. Canani, H. J. Flint, S. Salminen, P. C. Calder, M. E. Sanders. // Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology. – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514 – 10.1038/nrgastro.2014.66
57. **Eating beans improves gut health, regulates immune and inflammatory processes in colorectal cancer survivors** | MD Anderson Cancer Center – URL: https://www.mdanderson.org/newsroom/eating-beans-improves-gut-health-regulates-immune-inflammatory-processes-colorectal-cancer-survivors.h00-159623379.html (дата обращения: 21.02.2026)
58. **Aydar**, E. Kidney bean (Phaseolus vulgaris L.) milk substitute as a novel plant-based drink: Fatty acid profile, antioxidant activity, in-vitro phenolic bio-accessibility and sensory characteristics / E. Aydar, Z. Mertdinç, E. Demircan, S.

Koca Çetinkaya, B. Özçelik. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2023. – Vol. 83. – P. 103254 – https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103254

59. **Zahir**, A. Development of yogurt fortified with four varieties of common bean (Phaseolus vulgaris) whey by using response surface methodology: a preliminary study / A. Zahir, E. Naseri, H. Muzahir. // Journal of Food Science and Technology. – 2024. – P. 753–769 -https://doi.org/10.1007/s13197-023-05876
60. **Harper**, A. Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria / A. Harper, R. Dobson, V. Morris, G.-J. Moggré. // Microbial Biotechnology. – 2022. – Vol. 15. – P. 1404–1421 – https://doi.org/10.1111/1751-7915.14008
61. **Kieliszek**, M. Characteristics of the Proteolytic Enzymes Produced by Lactic Acid Bacteria / M. Kieliszek, K. Pobiega, K. Piwowarek, A. Kot. // Molecules. – 2021. – P. 1858 – https://doi.org/10.3390/molecules 26071858
62. **Emkani**, M. Pea Protein Extraction Assisted by Lactic Fermentation: Impact on Protein Profile and Thermal Properties / M. Emkani, B. Oliete, R. Saurel. // Foods. – 2021. – Vol. 10. – P. 549 – https://doi.org/10.3390/foods10030549
63. **Walther**, B. Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk / B. Walther, D. Guggisberg, R. Badertscher, L. Egger, R. Portmann, S. Dubois, M. Haldimann, K. Kopf-Bolanz, P. Rhyn, O. Zoller, R. Veraguth, S. Rezzi. // Frontiers in Nutrition. – 2022. – P. 988707 – https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707
64. **Liu**, T. Challenges and opportunities in developing low glycemic index foods with white kidney bean α-amylase inhibitor / T. Liu, Y. Gu, A.-A. Waleed, L. Wang, Y. Li, H. Qian. // Trends in Food Science & Technology. – 2024. – P. 104397 – https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104397
65. **Dhakal**, D. Design rules of plant-based yoghurt-mimic: Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value / D. Dhakal, T. Younas, R. P. Bhusal, L. Devkota, C. J. Henry, S. Dhital. // Food Hydrocolloids. – 2023. – P. 108786 – https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108786

66. **Singh**, N. Pulses: an overview / N. Singh. // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54. – P. 853–857 – https://doi.org/10.1007/s13197-017-2537-4
67. **Liang**, Z. Fermentation of mung bean milk by Lactococcus lactis: Focus on the physicochemical properties, antioxidant capacities and sensory evaluation / Z. Liang, J. Sun, S. Yang, R. Wen, L. Liu, P. Du, C. Li, G. Zhang. // Food Bioscience. – 2022. – Vol. 48. – P. 101798 – https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101798
68. **Margier**, M. Nutritional Composition and Bioactive Content of Legumes: Characterization of Pulses Frequently Consumed in France and Effect of the Cooking Method / M. Margier, S. Georgé, N. Hafnaoui, D. Remond, M. Nowicki, L. Du Chaffaut, M.-J. Amiot, E. Reboul. // Nutrients. – 2018. – Vol. 10. – P. 1668 – https://doi.org/10.3390/nu10111668
69. **Hou**, T. Purification, identification, and computational analysis of xanthine oxidase inhibitory peptides from kidney bean / T. Hou, Y. Wu, H. He. // Journal of Food Science. – 2023. – P. 1081–1088 – https://doi.org/10.1111/1750-3841.15603?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26medium%3Darticle
70. **Tang**, H. The metabolites of lactic acid bacteria: classification, biosynthesis and modulation of gut microbiota / H. Tang, W. Huang, Y.-F. Yao. // Microbial Cell. – P. 49–62 – https://doi.org/10.15698/mic2023.03.792
71. **Ziadi**, M. Analysis of volatile compounds produced by 2 strains of Lactococcus lactis isolated from leben (Tunisian fermented milk) using solid-phase microextraction-gas chromatography / M. Ziadi, J. P. Wathelet, M. Marlier, M. Hamdi, P. Thonart. // Journal of Food Science. – 2008. – P. S247-252 – https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00846.x
72. **Ziadi**, M. Amino acid catabolism by *Lactococcus lactis* during milk fermentation / M. Ziadi, G. Bergot, P. Courtin, E. Chambellon, M. Hamdi, M. Yvon. // International Dairy Journal. – 2010. – P. 25–31 – https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.07.004

73. **Meng**, L. The nutrient requirements of Lactobacillus acidophilus LA-5 and their application to fermented milk / L. Meng, S. Li, G. Liu, X. Fan, Y. Qiao, A. Zhang, Y. Lin, X. Zhao, K. Huang, Z. Feng. // Journal of Dairy Science. – 2021. – P. 138–150 – https://doi.org/10.3168/jds.2020-18953
74. **Soukoulis**, C. Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality / C. Soukoulis, P. Panagiotidis, R. Koureli, C. Tzia. // Journal of Dairy Science. – 2007. – P. 2641–2654 – https://doi.org/10.3168/jds.2006-802
75. **Mengesha**, Y. A Review on Factors Influencing the Fermentation Process of Teff (Eragrostis teff) and Other Cereal-Based Ethiopian Injera / Y. Mengesha, A. Tebeje, B. Tilahun. // International Journal of Food Science. – 2022. – P. 4419955 – https://doi.org/10.1155/2022/4419955
76. **Sah**, B. Effect of refrigerated storage on probiotic viability and the production and stability of antimutagenic and antioxidant peptides in yogurt supplemented with pineapple peel / B. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie, O. Donkor. // Journal of Dairy Science. – 2015. – P. 5905–5916 – https://doi.org/10.3168/jds.2015-9450
77. **Wang**, Y. Sugar and acid contents in soymilk fermented with lactic acid bacteria alone or simultaneously with bifidobacteria / Y. Wang, R.-C. Yu, H.-Y. Yang, C.-C. Chou. // Food Microbiology. – 2003. – P. 333–338 – https://doi.org/10.1126/science.aaq0216
78. **Bintsis**, T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics / T. Bintsis. // AIMS Microbiology. – 2018. – P. 665–684 – https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665
79. **Grasso**, N. Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts / N. Grasso, L. Alonso-Miravalles, J. A. O'Mahony. // Foods. – 2020. – P. 252 – https://doi.org/10.3390/foods9030252
80. **Veber**, A. Functional Fermented Beverage Prepared from Germinated White Kidney Beans (Phaseolus vulgaris L.) / A. Veber, D. Zaręba, M. Ziarno, A.

Veber, D. Zaręba, M. Ziarno. // Milk Substitutes - Selected Aspects. – 2021. – P. 1–21 – https://doi.org/10.5772/intechopen.95818

81. **de Morais**, F. Impact of Sugar Reduction on Physicochemical and Nutritional Quality of Yogurt and Sensory Response with Label Stimulation / F. de Morais, M. Cavalcanti, L. Olegario, T. Santos, M. Evangelista, G. de Oliveira, A. Santana, M. Souto, S. de Fonseca, M. Gonçalves. // Journal of Food Processing and Preservation. – 2023. – P. 1439953 – https://doi.org/10.1155/2023/1439953
82. **Marlapati**, L. Comparison of Physical and Compositional Attributes between Commercial Plant-Based and Dairy Yogurts / L. Marlapati, R. Basha, A. Navarre, A. Kinchla, A. Nolden. // Foods. – 2024. – P. 984 – https://doi.org/10.3390/foods13070984
83. **Cichońska**, P. Application of Optical and Rheological Techniques in Quality and Storage Assessment of the Newly Developed Colloidal-Suspension Products: Yogurt-Type Bean-Based Beverages / P. Cichońska, E. Domian, M. Ziarno. // Sensors. – 2022. – P. 8348 – https://doi.org/10.3390/s22218348
84. **Tangyu**, M. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value / M. Tangyu, J. Muller, C. J. Bolten, C. Wittmann. // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2019. – P. 9263–9275 – https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9
85. **Madsen**, S. K. Development of a yoghurt alternative, based on plant-adapted lactic acid bacteria, soy drink and the liquid fraction of brewers' spent grain / S. K. Madsen, C. Priess, A. P. Wätjen, S. Øzmerih, M. A. Mohammadifar, C. Heiner Bang-Berthelsen. // FEMS Microbiology Letters. – 2021. – P. fnab093 – https://doi.org/10.1093/femsle/fnab093
86. **Gunkova**, P. I. Carbohydrate Fermentation Test of Lactic Acid Starter Cultures / P. I. Gunkova, A. S. Buchilina, N. N. Maksimiuk, Y. G. Bazarnova, K. S. Girel. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – P. 012035 – https://doi.org/10.1088%2F1755-1315%2F852%2F1%2F012035
87. **Deblais**, A. Predicting thickness perception of liquid food products from their non-Newtonian rheology / A. Deblais, E. den Hollander, C. Boucon, A. E. Blok,

B. Veltkamp, P. Voudouris, P. Versluis, H.-J. Kim, M. Mellema, M. Stieger, D. Bonn, K. P. Velikov. // Nature Communications. – 2021. – P. 6328 – https://doi.org/10.1038/s41467-021-26687-w

88. **Li**, C. Microbiological, physicochemical and rheological properties of fermented soymilk produced with exopolysaccharide (EPS) producing lactic acid bacteria strains / C. Li, W. Li, X. Chen, M. Feng, X. Rui, M. Jiang, M. Dong. // LWT - Food Science and Technology. – 2014. – P. 477–485 – https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.025
89. **Luo**, Y. The role of mucin and oligosaccharides via cross-feeding activities by *Bifidobacterium*: A review / Y. Luo, Y. Xiao, J. Zhao, H. Zhang, W. Chen, Q. Zhai. // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – P. 1329–1337 – https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.087
90. **Banerjee**, S. Food Gels: Gelling Process and New Applications / S. Banerjee, S. Bhattacharya. // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2012. – Vol. 52. – P. 334–346 – https://doi.org/10.1080/10408398.2010.500234
91. **Kosterina**, V. Development of formulation and technology of non-dairy soy-coconut yogurt / V. Kosterina, A. Yakovleva, V. Koniaeva, N. Iakovchenko. // 2020. – P. 1727–1737 – https://doi.org/10.15159/AR.20.107
92. **Magenis**, R. B. Compositional and physical properties of yogurts manufactured from milk and whey cheese concentrated by ultrafiltration / R. B. Magenis, E. Prudêncio, R. Amboni, N. Cerqueira Júnior, R. Oliveira, V. Soldi, H. Benedet. // International Journal of Food Science and Technology. – 2006. – P. 560–568 – https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01100.x
93. **Daryani**, D. Review of plant-based milk analogue: its preparation, nutritional, physicochemical, and organoleptic properties / D. Daryani, K. Pegua, S. S. Aryaa. // Food Science and Biotechnology. – 2024. – P. 1059–1073 https://doi.org/10.1007/s10068-023-01482-z
94. **Mulet-Cabero**, A.-I. The Dairy Matrix: Its Importance, Definition, and Current Application in the Context of Nutrition and Health / A.-I. Mulet-Cabero, M. Torres-Gonsales, J. Geurts, A. Rosales, B. Farhang, C. Marmonier, E. K.

Ulleberg, E. Hocking, I. Neiderer, I. Gandolfi, L. Anderson, L. Brader, M. Vermaak, M. Cameron, M. Myrup Christensen, R. Haryono, S. Peters. // Nutrients. – 2024. – P. 2908 – https://doi.org/10.3390/nu16172908

95. **Geng**, Y. Research Progress on Tofu Coagulants and Their Coagulation Mechanisms / Y. Geng, X. Du, R. Jia, Y. Zhu, Y. Lu, X. Guan, Y. Hu, X. Zhu, M. Zhang. // Foods. – 2024. – P. 3475 – https://doi.org/10.3390/foods13213475
96. **Nascimento**, L. Combination of Milk and Plant Proteins to Develop Novel Food Systems: What Are the Limits? / L. Nascimento, D. Odelli, A. Fernandes de Carvalho, E. Martins, G. Delaplace, P. Peres de sá Peixoto Júnior, N. F. Nogueira Silva, F. Casanova. // Foods. – 2023. – P. 2385 – https://doi.org/10.3390/foods12122385
97. **van Eck**, E. B. Plant protein dominant enteral nutrition, containing soy and pea, is non-coagulating after gastric digestion in contrast to casein dominant enteral nutrition / E. B. van Eck, Z. Hofman, E. J. M. van Eijnatten, J. Knol, I. B. Renes, E. Abrahamse. // Food Research International. – 2024. – P. 115162 – https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115162
98. **Nolan**, R. It's No Has Bean: A Review of the Effects of White Kidney Bean Extract on Body Composition and Metabolic Health / R. Nolan, O. M. Shannon, N. Robinson, A. Joel, D. Houghton, F. C. Malcomson. // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – P. 1398 – 10.3390/nu12051398
99. **Jäger**, R. Proprietary alpha-amylase inhibitor formulation from white kidney bean (Phaseolus vulgaris L.) promotes weight and fat loss: a 12-week, double-blind, placebo-controlled, randomized trial / R. Jäger, S. Abou Sawan, M. Purpura, B. Grube, Y. Röske, P. De Costa, P.-W. Chong. // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – P. 12685 – 10.1038/s41598-024-63443-8
100. **Houghton**, D. White kidney bean extract as a nutraceutical: effects on gut microbiota, alpha-amylase inhibition, and user experiences / D. Houghton, O. M. Shannon, P. I. Chater, M. D. Wilcox, J. P. Pearson, K. Stanforth, C. Jordan, L. Avery, A. P. Blain, A. Joel, R. Jeffers, R. Nolan, A. Nelson, C. J. Stewart, F. C. Malcomson. // Gut Microbiome. – 2023. – P. e8 –

https://doi.org/10.1017/gmb.2023.5

101. **Kurbanova**, I. Physicochemical, Sensory, and Microbiological Analysis of Fermented Drinks Made from White Kidney Bean Extract and Cow’s Milk Blends during Refrigerated Storage / I. Kurbanova, 1, Lina Lauciene, 2, Kristina Kondrotiene, 2,*, Gintare Zakariene, 2, Vitalijs Radenkovs, 3,4, Sandra Kiselioviene, 5, Alvija Salaseviciene, 5, Agne Vasiliauskaite, 2, Mindaugas Malakauskas, 2, Mukarama Musulmanova, 1 and, Loreta Serniene, 2. // Microorganisms. – 2024. – P. 1832 – https://doi.org/10.3390/microorganisms12091832
102. **Aydar**, E. Kidney bean (Phaseolus vulgaris L.) milk substitute as a novel plant-based drink: Fatty acid profile, antioxidant activity, in-vitro phenolic bio-accessibility and sensory characteristics / E. Aydar, Z. Mertdinc, E. Demircan, S. Cetinkaya, B. Ozcelik. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2022. – P. 103254 – https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103254
103. **Windahl**, K. The safety of a low-protein diet in older adults with advanced chronic kidney disease / K. Windahl, N. C. Chesnaye, G. F. Irving, P. Stenvinkel, T. Almquist, M. K. Lidén, C. Drechsler, M. Szymczak, M. Krajewska, E. de Rooij, C. Torino, G. Porto, F. J. Caskey, C. Wanner, K. J. Jager, F. W. Dekker, M. Evans, the EQUAL study investigators. // Nephrology Dialysis Transplantation. – 2024. – Vol. 39. – P. 1867–1875 – https://doi.org/10.1093/ndt/gfae077
104. **Ali**, H. The effect of pH on the rheological and physical properties of analogue pizza cheese / H. Ali, J. Ahmed, I. El Zubeir. // Journal of Food Science and Technology. – 2023. – P. 692–700 – https://doi.org/10.1007/s13197-022-05654-3
105. **Daszkiewicz**, T. A comparison of the quality of plain yogurt and its analog made from coconut flesh extract / T. Daszkiewicz, M. Michalak, K. Śmiecińska. // Journal of Dairy Science. – 2024. – Vol. 107. – P. 3389–3399 – https://doi.org/10.3168/jds.2023-24060

106. **Aydogdu**, T. pH, the Fundamentals for Milk and Dairy Processing: A Review / T. Aydogdu, J. A. O'Mahony, N. A. McCarthy. // Dairy. – 2023. – Vol. 4. – P. 395–409 – https://doi.org/10.3390/dairy4030026
107. **Qin**, X. Effect of Thermostable Enzymes Produced by Psychrotrophic Bacteria in Raw Milk on the Quality of Ultra-High Temperature Sterilized Milk / X. Qin, J. Cheng, X. Qi, N. Guan, Q. Chen, X. Pei, Y. Jiang, X. Yang, C. Man. // Foods. – 2023. – Vol. 12. – P. 3752 – https://doi.org/10.3390/foods12203752
108. Legume Protein Extracts: The Relevance of Physical Processing in the Context of Structural, Techno-Functional and Nutritional Aspects of Food Development // 2025 – URL: https://www.mdpi.com/2227-9717/10/12/2586?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 01.03.2025)
109. **Kong**, C. Stabilization mechanism of white kidney bean based milk through novel perspectives of endogenous starch / C. Kong, Y. Zhang, Y. Hu, C. Duan, Z. Yan, S. Zhou. // Food Chemistry: X. – 2025. – P. 102192 – https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102192
110. **Milovanovic**, B. What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured? / B. Milovanovic, I. Djekic, J. Miocinovic, V. Djordjevic, J. M. Lorenzo, F. J. Barba, D. Mörlein, I. Tomasevic. // Foods (Basel, Switzerland). – 2020. – Vol. 9. – P. 1629 – https://doi.org/10.3390/foods9111629
111. **Milovanovic**, B. Color measurement of animal source foods / B. Milovanovic, I. Djekic, V. Tomović, D. Vujadinović, I. B. Tomasevic. // Theory and practice of meat processing. – 2022. – P. 311–319 – https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-4-311-319
112. **Chero, M**. Application of the Computer Vision System to the Measurement of the CIE L*a*b* Color Parameters of Fruits / Chero, M. // Chapter in Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC). – 2020. – P. 341–347 – https://doi.org/10.1007/978-3-030-51328-3_47
113. **Guneser**, B. A. Characterization of physicochemical, rheological, aroma, and sensory properties of spreadable processed cheese supplemented with chia, quinoa, and teff seeds / B. A. Guneser, B. Aklale, O. Guneser. // Mljekarstvo :

časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka. – 2023. – Vol. 73. – P. 22–37 – https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2023.0104

114. **Kurbanova**, I. The physicochemical and sensory profiles of spreadable dairy matrix obtained from kidney bean milk-like extract and cow milk blends / I. Kurbanova, L. Lauciene, L. Serniene, V. Radenkovs, A. Salaseviciene, S. Kiselioviene, M. Musulmanova. // Scifood. – 2025. – Vol. 19. – P. 292–308 – https://doi.org/10.5219/scifood.39
115. **Karolkowski**, A. Non-Volatile Compounds Involved in Bitterness and Astringency of Pulses: A Review / A. Karolkowski, C. Belloir, L. Briand, C. Salles. // Molecules. – 2023. – Vol. 28. – P. 3298 https://doi.org/10.3390/molecules28083298
116. **Silva**, A. R. A. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk / A. R. A. Silva, M. M. N. Silva, B. D. Ribeiro. // Food Research International. – 2020. – P. 108972 – https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Nutritional composition of blends

Mėginys	Matavimo vnt.	Visuminis sausųjų medžiagų kiekis (LST ISO 6731:2011, p.6.1)	Riebalų kiekis (1992-11-14 Europos Bendrijų Tarybos sprendimas (92/608/EEB) II priedas II skyrius	Azoto kiekis (LST EN ISO 8968-3:2007)	Baltymų kiekis (LST EN ISO 8968-3:2007)	Pelenų kiekis (vidinė metodika)
Pienas 0	g/100 g	6,15	0,16	0,325	2,07	0,29
Pienas 0	g/100 g	6,07	0,15	0,321	2,05	0,35
Pienas 0	g/100 g	6,13	0,18	0,330	2,11	0,32
Vidurkis:	g/100 g	6,12	0,16	0,325	2,08	0,32
Pienas 1	g/100 g	3,98	0,11	0,225	1,44	0,21
Pienas 1	g/100 g	3,92	0,10	0,227	1,45	0,26
Pienas 1	g/100 g	3,93	0,12	0,230	1,47	0,24
Vidurkis:	g/100 g	3,94	0,11	0,227	1,45	0,24
Pienas 2	g/100 g	6,76	0,95	0,330	2,11	0,43
Pienas 2	g/100 g	6,82	0,90	0,338	2,16	0,45
Pienas 2	g/100 g	6,75	1,01	0,328	2,09	0,40
Vidurkis:	g/100 g	6,78	0,95	0,332	2,12	0,43
Pienas 3	g/100 g	8,19	1,58	0,449	2,86	0,53
Pienas 3	g/100 g	8,28	1,63	0,398	2,54	0,56
Pienas 3	g/100 g	8,24	1,60	0,348	2,22	0,50
Vidurkis:	g/100 g	8,24	1,60	0,398	2,54	0,53
Pienas 4	g/100 g	10,07	2,26	0,441	2,81	0,60
Pienas 4	g/100 g	10,03	2,24	0,438	2,79	0,63
Pienas 4	g/100 g	10,11	2,21	0,449	2,86	0,64
Vidurkis:	g/100 g	10,07	2,24	0,443	2,82	0,62
Pienas 5	g/100 g	11,47	2,84	0,517	3,30	0,71
Pienas 5	g/100 g	11,49	2,74	0,520	3,32	0,68
Pienas 5	g/100 g	11,55	2,93	0,523	3,34	0,74
Vidurkis:	g/100 g	11,50	2,84	0,520	3,32	0,71

Приложение 2.

Amino acids profile

Data	Atliko	Nr.6	Skiedimas skiesta į:			250	250	250 ml				vidurkis			Vidurkiai		
		Aminorūgštys	Molinė masė, g/mol	Koncentracija 1, umol/L	Koncentracija 2, umol/L	Koncentracija 3, umol/L	Bandinio masė 1, g	Bandinio masė 2, g	Bandinio masė 3, g	g/100 g 1	g/100 g 2	g/100 g 3	g/100 g		g/100 g		mg/100 g
25.03.2024		Aspartic Acid	133,11	55,63	48,71	49,09	0,6029	0,5356	0,5907	0,31	0,30	0,28	0,30	Aspartic Acid	0,30		295,42
		Glutamic acid	147,13	117,00	105,39	108,58	0,6029	0,5356	0,5907	0,71	0,72	0,68	0,70	Glutamic acid	0,70		704,58
		Asparagine	132,12	0,00	0,00	0,00	0,6029	0,5356	0,5907	0,00	0,00	0,00	0,00	Asparagine	0,00		0,00
		Serine	105,09	40,80	36,82	38,31	0,6029	0,5356	0,5907	0,18	0,18	0,17	0,18	Serine	0,18		176,27
		Histidine	155,16	11,59	11,10	10,82	0,6029	0,5356	0,5907	0,07	0,08	0,07	0,08	Glycine	0,06		55,57
		Glycine	75,07	17,70	16,31	17,15	0,6029	0,5356	0,5907	0,06	0,06	0,05	0,06	Histidine	0,08		75,33
		Threonine	119,12	30,15	27,71	28,47	0,6029	0,5356	0,5907	0,15	0,15	0,14	0,15	Threonine	0,15		148,85
		Arginine	174,20	13,90	12,75	13,25	0,6029	0,5356	0,5907	0,10	0,10	0,10	0,10	Alanine	0,10		101,07
		Alanine	89,09	27,15	25,01	26,23	0,6029	0,5356	0,5907	0,10	0,10	0,10	0,10	Arginine	0,10		100,59
		Tyrosine	181,19	20,48	19,17	19,76	0,6029	0,5356	0,5907	0,15	0,16	0,15	0,16	Proline	0,39		386,93
		Cystine	240,30	11,58	10,52	10,08	0,6029	0,5356	0,5907	0,12	0,12	0,10	0,11	Cystine	0,11		111,97
		Valine	117,15	37,45	33,45	33,11	0,6029	0,5356	0,5907	0,18	0,18	0,16	0,18	Tyrosine	0,16		155,83
		Methionine	149,21	13,95	13,72	13,21	0,6029	0,5356	0,5907	0,09	0,10	0,08	0,09	Valine	0,18		176,33
		Tryptophan	204,23	0,00	0,00	0,00	0,6029	0,5356	0,5907	0,00	0,00	0,00	0,00	Methionine	0,09		88,43
		Phenylalanine	165,19	23,17	21,22	20,94	0,6029	0,5356	0,5907	0,16	0,16	0,15	0,16	Lysine	0,31		314,29
		Isoleucine	131,18	29,88	27,12	26,96	0,6029	0,5356	0,5907	0,16	0,17	0,15	0,16	Isoleucine	0,16		159,41
		Leucine	131,18	57,43	52,92	52,02	0,6029	0,5356	0,5907	0,31	0,32	0,29	0,31	Leucine	0,31		308,42
		Lysine	146,19	51,93	49,82	46,57	0,6029	0,5356	0,5907	0,31	0,34	0,29	0,31	Phenylalanine	0,16		156,26
		Proline	115,13	68,32	54,66	111,00	0,6029	0,5356	0,5907	0,33	0,29	0,54	0,39	Tryptophan	0,00		0,00
										3,49	**3,55**	**3,50**	**3,52**				

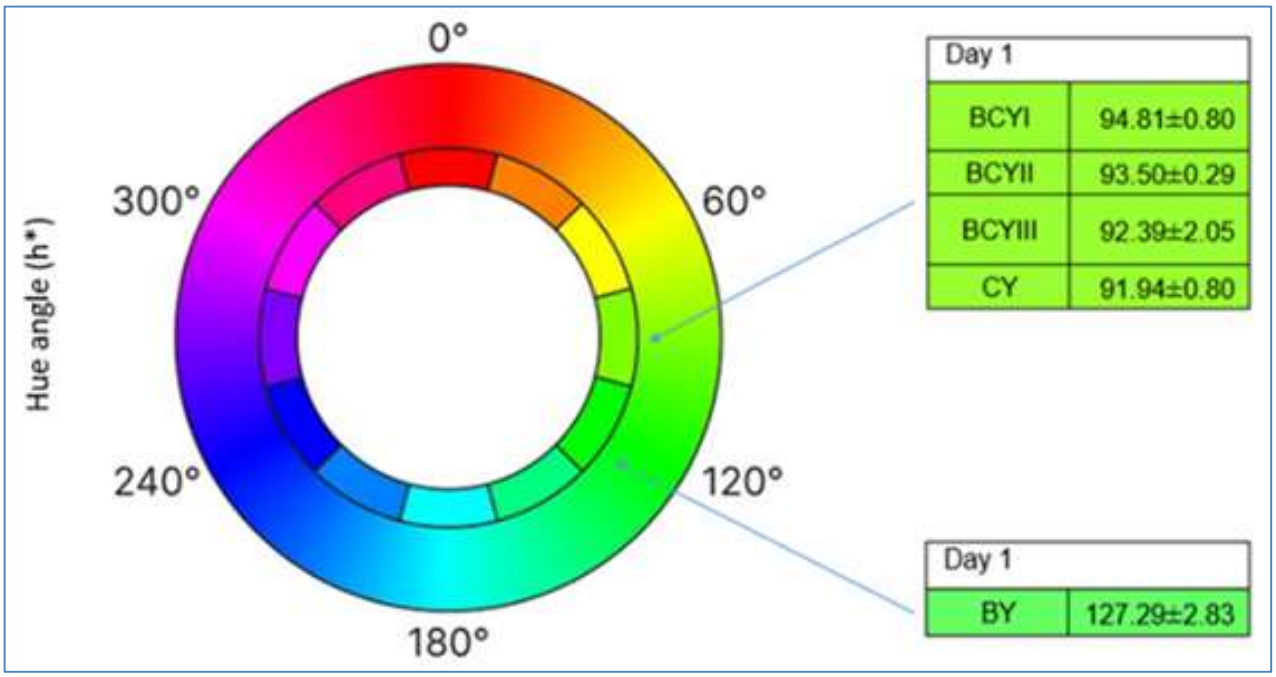
Data	Atliko	Nr.13	Skiedimas skiesta į:			250	250	250 ml				vidurkis			Vidurkiai		
		Aminorūgštys	Molinė masė,	Koncentracija 1,	Koncentracija 2,	Koncentracija 3,	Bandinio masė 1, g	Bandinio masė 2, g	Bandinio masė 3, g	g/100 g 1	g/100 g 2	g/100 g 3	g/100 g		g/100 g		mg/100 g
25.03.2024		Aspartic Acid	133,11	62,27	77,51	83,00	0,2902	0,3537	0,3879	0,71	0,73	0,71	0,72	Aspartic Acid	0,72		718,49
		Glutamic acid	147,13	119,70	153,26	160,81	0,2902	0,3537	0,3879	1,52	1,59	1,52	1,55	Glutamic acid	1,55		1545,29
		Asparagine	132,12	0,00	0,00	0,00	0,2902	0,3537	0,3879	0,00	0,00	0,00	0,00	Asparagine	0,00		0,00
		Serine	105,09	45,06	57,16	60,15	0,2902	0,3537	0,3879	0,41	0,42	0,41	0,41	Serine	0,41		413,33
		Histidine	155,16	12,88	17,85	17,46	0,2902	0,3537	0,3879	0,17	0,20	0,17	0,18	Glycine	0,15		148,80
		Glycine	75,07	22,80	28,83	30,18	0,2902	0,3537	0,3879	0,15	0,15	0,15	0,15	Histidine	0,18		180,82
		Threonine	119,12	32,66	40,78	42,97	0,2902	0,3537	0,3879	0,34	0,34	0,33	0,34	Threonine	0,34		336,14
		Arginine	174,20	17,31	21,92	22,92	0,2902	0,3537	0,3879	0,26	0,27	0,26	0,26	Alanine	0,24		236,71
		Alanine	89,09	30,46	38,56	40,57	0,2902	0,3537	0,3879	0,23	0,24	0,23	0,24	Arginine	0,26		262,37
		Tyrosine	181,19	23,20	28,98	30,90	0,2902	0,3537	0,3879	0,36	0,37	0,36	0,36	Proline	0,72		721,54
		Cystine	240,30	10,40	12,24	12,78	0,2902	0,3537	0,3879	0,22	0,21	0,20	0,21	Cystine	0,21		207,05
		Valine	117,15	38,17	48,82	52,53	0,2902	0,3537	0,3879	0,39	0,40	0,40	0,40	Tyrosine	0,36		364,70
		Methionine	149,21	14,17	15,26	16,35	0,2902	0,3537	0,3879	0,18	0,16	0,16	0,17	Valine	0,40		395,34
		Tryptophan	204,23	0,00	0,00	0,00	0,2902	0,3537	0,3879	0,00	0,00	0,00	0,00	Methionine	0,17		166,78
		Phenylalanine	165,19	26,06	32,79	35,91	0,2902	0,3537	0,3879	0,37	0,38	0,38	0,38	Lysine	0,66		658,35
		Isoleucine	131,18	31,73	38,86	42,45	0,2902	0,3537	0,3879	0,36	0,36	0,36	0,36	Isoleucine	0,36		359,24
		Leucine	131,18	59,39	74,57	79,20	0,2902	0,3537	0,3879	0,67	0,69	0,67	0,68	Leucine	0,68		677,34
		Lysine	146,19	52,24	65,35	68,13	0,2902	0,3537	0,3879	0,66	0,68	0,64	0,66	Phenylalanine	0,38		378,65
		Proline	115,13	73,72	72,45	113,73	0,2902	0,3537	0,3879	0,73	0,59	0,84	0,72	Tryptophan	0,00		0,00
										7,72	**7,80**	**7,80**	**7,77**				

Data	Atliko	Nr.14	Skiedimas skiesta į:			250	250	250 ml				vidurkis			Vidurkiai		
		Aminorūgštys	Molinė masė,	Koncentracija 1,	Koncentracija 2,	Koncentracija 3,	Bandinio masė 1, g	Bandinio masė 2, g	Bandinio masė 3, g	g/100 g 1	g/100 g 2	g/100 g 3	g/100 g		g/100 g		mg/100 g
25.03.2024		Aspartic Acid	133,11	87,35	62,72	96,68	0,2909	0,2284	0,3254	1,00	0,91	0,99	0,97	Aspartic Acid	0,97		967,28
		Glutamic acid	147,13	174,52	134,31	198,49	0,2909	0,2284	0,3254	2,21	2,16	2,24	2,20	Glutamic acid	2,20		2204,49
		Asparagine	132,12	0,00	0,00	0,00	0,2909	0,2284	0,3254	0,00	0,00	0,00	0,00	Asparagine	0,00		0,00
		Serine	105,09	64,49	51,58	75,91	0,2909	0,2284	0,3254	0,58	0,59	0,60	0,59	Serine	0,59		590,85
		Histidine	155,16	18,86	15,16	21,41	0,2909	0,2284	0,3254	0,25	0,26	0,26	0,25	Glycine	0,20		202,38
		Glycine	75,07	30,65	24,91	35,50	0,2909	0,2284	0,3254	0,20	0,20	0,20	0,20	Histidine	0,25		254,74
		Threonine	119,12	46,30	36,33	52,16	0,2909	0,2284	0,3254	0,47	0,47	0,48	0,47	Threonine	0,47		474,99
		Arginine	174,20	23,48	19,24	27,09	0,2909	0,2284	0,3254	0,35	0,37	0,36	0,36	Alanine	0,34		340,67
		Alanine	89,09	43,76	35,02	50,46	0,2909	0,2284	0,3254	0,34	0,34	0,35	0,34	Arginine	0,36		360,33
		Tyrosine	181,19	32,39	26,01	36,51	0,2909	0,2284	0,3254	0,50	0,52	0,51	0,51	Proline	0,90		897,96
		Cystine	240,30	15,42	11,84	18,23	0,2909	0,2284	0,3254	0,32	0,31	0,34	0,32	Cystine	0,32		322,21
		Valine	117,15	57,84	46,93	60,80	0,2909	0,2284	0,3254	0,58	0,60	0,55	0,58	Tyrosine	0,51		509,49
		Methionine	149,21	19,78	17,10	23,59	0,2909	0,2284	0,3254	0,25	0,28	0,27	0,27	Valine	0,58		577,10
		Tryptophan	204,23	0,00	0,00	0,00	0,2909	0,2284	0,3254	0,00	0,00	0,00	0,00	Methionine	0,27		267,77
		Phenylalanine	165,19	37,69	31,93	41,03	0,2909	0,2284	0,3254	0,54	0,58	0,52	0,54	Lysine	1,02		1024,03
		Isoleucine	131,18	45,56	38,13	48,93	0,2909	0,2284	0,3254	0,51	0,55	0,49	0,52	Isoleucine	0,52		518,05
		Leucine	131,18	90,71	76,10	95,73	0,2909	0,2284	0,3254	1,02	1,09	0,96	1,03	Leucine	1,03		1026,64
		Lysine	146,19	82,01	69,05	83,40	0,2909	0,2284	0,3254	1,03	1,10	0,94	1,02	Phenylalanine	0,54		544,38
		Proline	115,13	75,74	69,42	120,82	0,2909	0,2284	0,3254	0,75	0,87	1,07	0,90	Tryptophan	0,00		0,00
										10,91	**11,22**	**11,12**	**11,08**				

Data	Atliko	Nr.15	Skiedimas skiesta į:			250	250	500 ml				vidurkis			Vidurkiai		
		Aminorūgštys	Molinė masė,	Koncentracija 1,	Koncentracija 2,	Koncentracija 3,	Bandinio masė 1, g	Bandinio masė 2, g	Bandinio masė 3, g	g/100 g 1	g/100 g 2	g/100 g 3	g/100 g		g/100 g		mg/100 g
25.03.2024		Aspartic Acid	133,11	96,67	111,58	60,34	0,2540	0,2988	0,3785	1,27	1,24	1,06	1,19	Aspartic Acid	1,19		1190,10
		Glutamic acid	147,13	210,09	250,46	135,46	0,2540	0,2988	0,3785	3,04	3,08	2,63	2,92	Glutamic acid	2,92		2919,48
		Asparagine	132,12	0,00	0,00	0,00	0,2540	0,2988	0,3785	0,00	0,00	0,00	0,00	Asparagine	0,00		0,00
		Serine	105,09	73,27	87,57	47,29	0,2540	0,2988	0,3785	0,76	0,77	0,66	0,73	Serine	0,73		728,14
		Histidine	155,16	21,78	26,67	12,60	0,2540	0,2988	0,3785	0,33	0,35	0,26	0,31	Glycine	0,22		223,17
		Glycine	75,07	31,49	37,59	20,25	0,2540	0,2988	0,3785	0,23	0,24	0,20	0,22	Histidine	0,31		312,36
		Threonine	119,12	53,13	63,06	34,25	0,2540	0,2988	0,3785	0,62	0,63	0,54	0,60	Threonine	0,60		596,79
		Arginine	174,20	25,23	30,43	16,42	0,2540	0,2988	0,3785	0,43	0,44	0,38	0,42	Alanine	0,41		413,48
		Alanine	89,09	48,75	58,68	31,91	0,2540	0,2988	0,3785	0,43	0,44	0,38	0,41	Arginine	0,42		418,01
		Tyrosine	181,19	37,88	46,07	25,50	0,2540	0,2988	0,3785	0,68	0,70	0,61	0,66	Proline	1,38		1377,95
		Cystine	240,30	15,37	18,01	12,22	0,2540	0,2988	0,3785	0,36	0,36	0,39	0,37	Cystine	0,37		371,14
		Valine	117,15	62,72	82,52	60,97	0,2540	0,2988	0,3785	0,72	0,81	0,94	0,83	Tyrosine	0,66		661,45
		Methionine	149,21	25,94	28,76	17,75	0,2540	0,2988	0,3785	0,38	0,36	0,35	0,36	Valine	0,83		825,19
		Tryptophan	204,23	0,00	0,00	0,00	0,2540	0,2988	0,3785	0,00	0,00	0,00	0,00	Methionine	0,36		363,28
		Phenylalanine	165,19	39,79	50,49	37,41	0,2540	0,2988	0,3785	0,65	0,70	0,82	0,72	Lysine	1,39		1387,71
		Isoleucine	131,18	50,65	63,93	46,52	0,2540	0,2988	0,3785	0,65	0,70	0,81	0,72	Isoleucine	0,72		720,58
		Leucine	131,18	99,15	126,80	91,42	0,2540	0,2988	0,3785	1,28	1,39	1,58	1,42	Leucine	1,42		1418,64
		Lysine	146,19	86,35	109,14	82,12	0,2540	0,2988	0,3785	1,24	1,33	1,59	1,39	Phenylalanine	0,72		720,44
		Proline	115,13	118,71	128,90	101,71	0,2540	0,2988	0,3785	1,35	1,24	1,55	1,38	Tryptophan	0,00		0,00
										14,43	**14,78**	**14,73**	**14,65**				

Приложение 3.

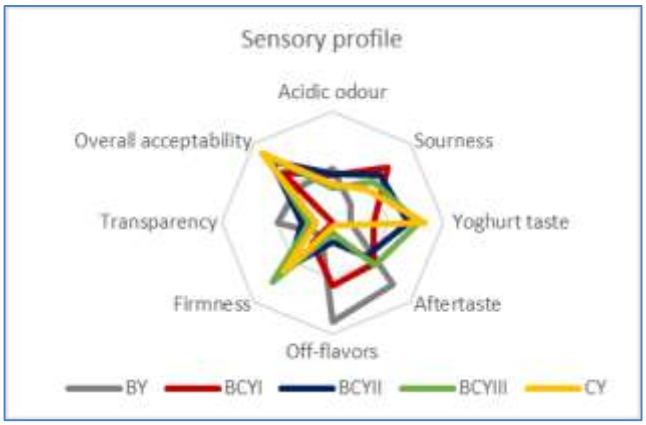
Day 1 fermented drinks color, *h

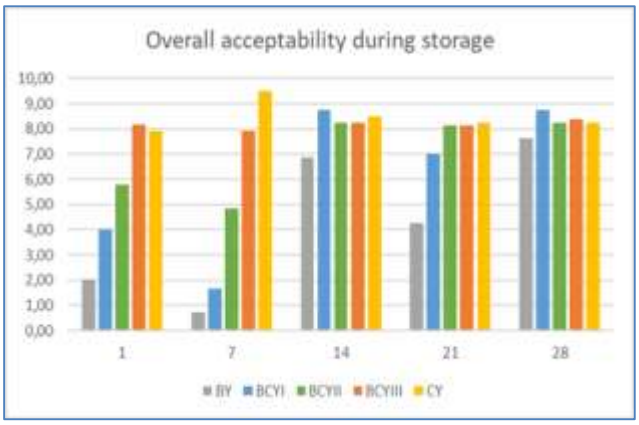




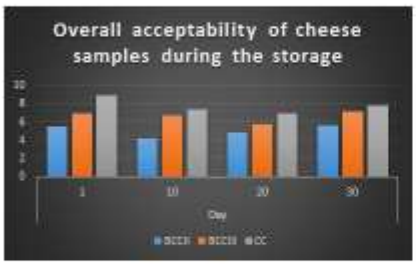

Приложение 4.

Fermented drinks sensory profile

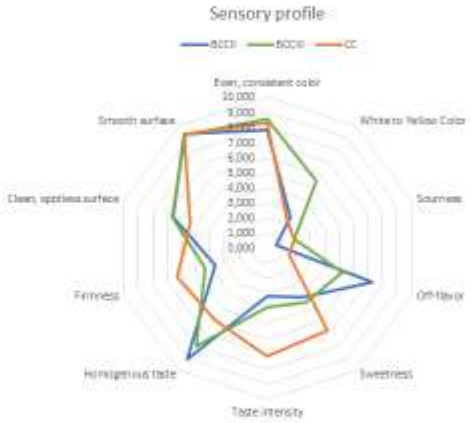




Hybrid spreadable cheese analogues: Sensory profile



Blended Cheeses were acceptable by panelists despite low scores. It is due to the specific flavor of bean milk which is unusual to the consumers.



Cow milk cheese (CC) has the highest acceptability scores at all time points compared to BCCII and BCCIII.

Приложение 5.

Articles

1. Physicochemical, Sensory, and Microbiological Analysis of Fermented Drinks Made from White Kidney Bean Extract and Cow Milk Blends During Refrigerated Storage

microorganisms

Open Access indexed within Scopus, SCIE (Web of Science), PubMed, PMC, PubAq, CAPlus / SciFinder, AGRIS, and other databases. Journal Rank: JCR - Q2 (Microbiology) / CiteScore - Q2 (Microbiology), Impact Factor 4.1 (2023 Journal Citation Reports®)

Microorganisms **2024**, *12*(9), 1832;
https://doi.org/10.3390/microorganisms12091832
Submission received: 25 July 2024 / Revised: 23 August 2024 / Accepted: 29 August 2024 / Published: 4 September 2024

The physicochemical and sensory profiles of spreadable dairy matrix obtained from kidney bean milk-like extract and cow milk blends

The physicochemical and sensory profiles of spreadable dairy matrix obtained from kidney bean milk-like extract and cow milk blends. (2025). Scifood, 19(1), 292-308. https://doi.org/10.5219/scifood.39

Published
2025-05-27

Приложение 6.

Certification of publication

microorganisms

an Open Access Journal by MDPI

IMPACT FACTOR 4.2 | Indexed in: PubMed | CITESCORE 7.7

CERTIFICATE OF PUBLICATION

The certificate of publication for the article titled:

Physicochemical, Sensory, and Microbiological Analysis of Fermented Drinks Made from White Kidney Bean Extract and Cow's Milk Blends during Refrigerated Storage

Authored by:

Ibaratkan Kurbanova; Lina Lauciene; Kristina Kondrotiene; Gintare Zakariene; Vitalijs Radenkovs; Sandra Kisielioviene; Alvija Salaseviciene; Agne Vasiliauskaite; Mindaugas Malakauskas; Mukarama Musulmanova; Loreta Serniene

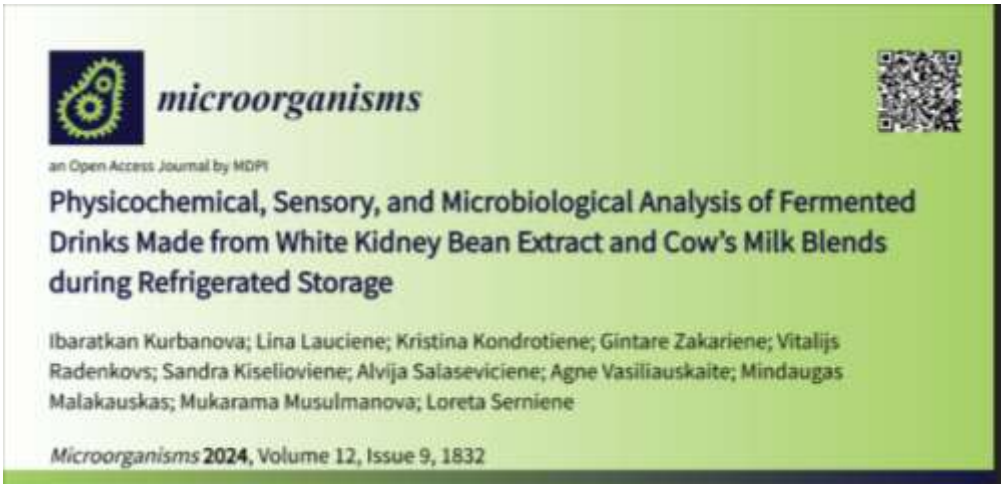
Published in:

Microorganisms **2024**, Volume 12, Issue 9, 1832

MDPI

Basel, February 2026

Stefan Tochev
Chief Executive Officer



microorganisms

an Open Access Journal by MDPI

Physicochemical, Sensory, and Microbiological Analysis of Fermented Drinks Made from White Kidney Bean Extract and Cow's Milk Blends during Refrigerated Storage

Ibaratkan Kurbanova; Lina Lauciene; Kristina Kondrotiene; Gintare Zakariene; Vitalijs Radenkovs; Sandra Kisielioviene; Alvija Salaseviciene; Agne Vasiliauskaite; Mindaugas Malakauskas; Mukarama Musulmanova; Loreta Serniene

Microorganisms **2024**, Volume 12, Issue 9, 1832

Приложение 7.

Conference the VNS

18th International multidisciplinary on-line conference of life sciences, technologies, biomedicine, and physical sciences

THE VITAL NATURE SIGN

Vytautas Magnus University, Lithuanian Academy of Sciences, Nordic Separation Science Society

18th International Scientific Conference

THE VITAL NATURE SIGN

May 16th-17th, 2024

Kaunas, Lithuania

ABSTRACT BOOK

23.	The Influence of Lighting Conditions and Soil Fungi and Polymers Used in the Food Indus: Profile of Biologically Active Compounds in Fl	
24.	An Evaluation of Food Waste Treated with Pl	
25.	Exploring the Physicochemical and Sensory P Analogues Incorporating White Kidney Bean:	
26.	Comparison of Antioxidant Activity in Flowers, Leaves and Stems of Lythrum salicaria L. by ABTS and FRAP Assays	71

18th International Scientific Conference

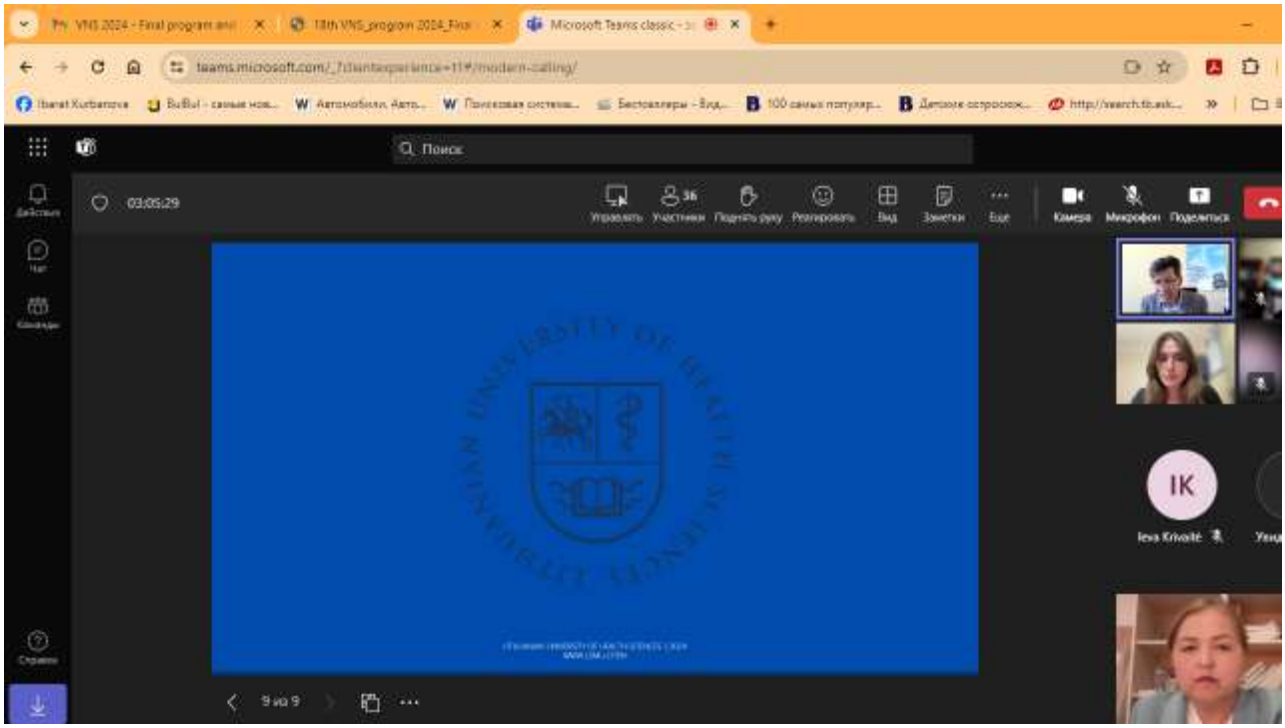
THE VITAL NATURE SIGN

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

Ibarat Kurbanova

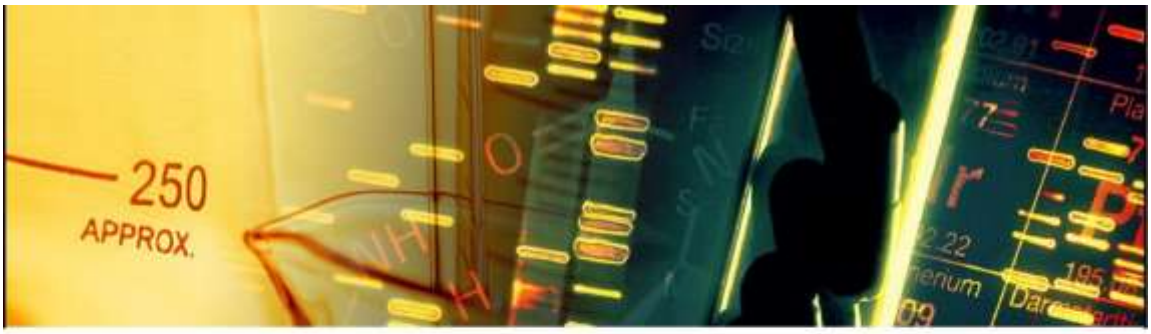
participated in the 18th International Inter-/Multi-disciplinary Scientific Conference, May 16-17, 2024

Chairman of the conference: prof. Audrius Sigitas Maruška



Приложение 8.

Certificate of participation



18th International Scientific Conference

THE VITAL NATURE SIGN

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

No. VNS24019

Ibarat Kurbanova

participated in the 18th International Inter-/Multi-disciplinary Scientific Conference,
May 16-17, 2024
16 academic hours

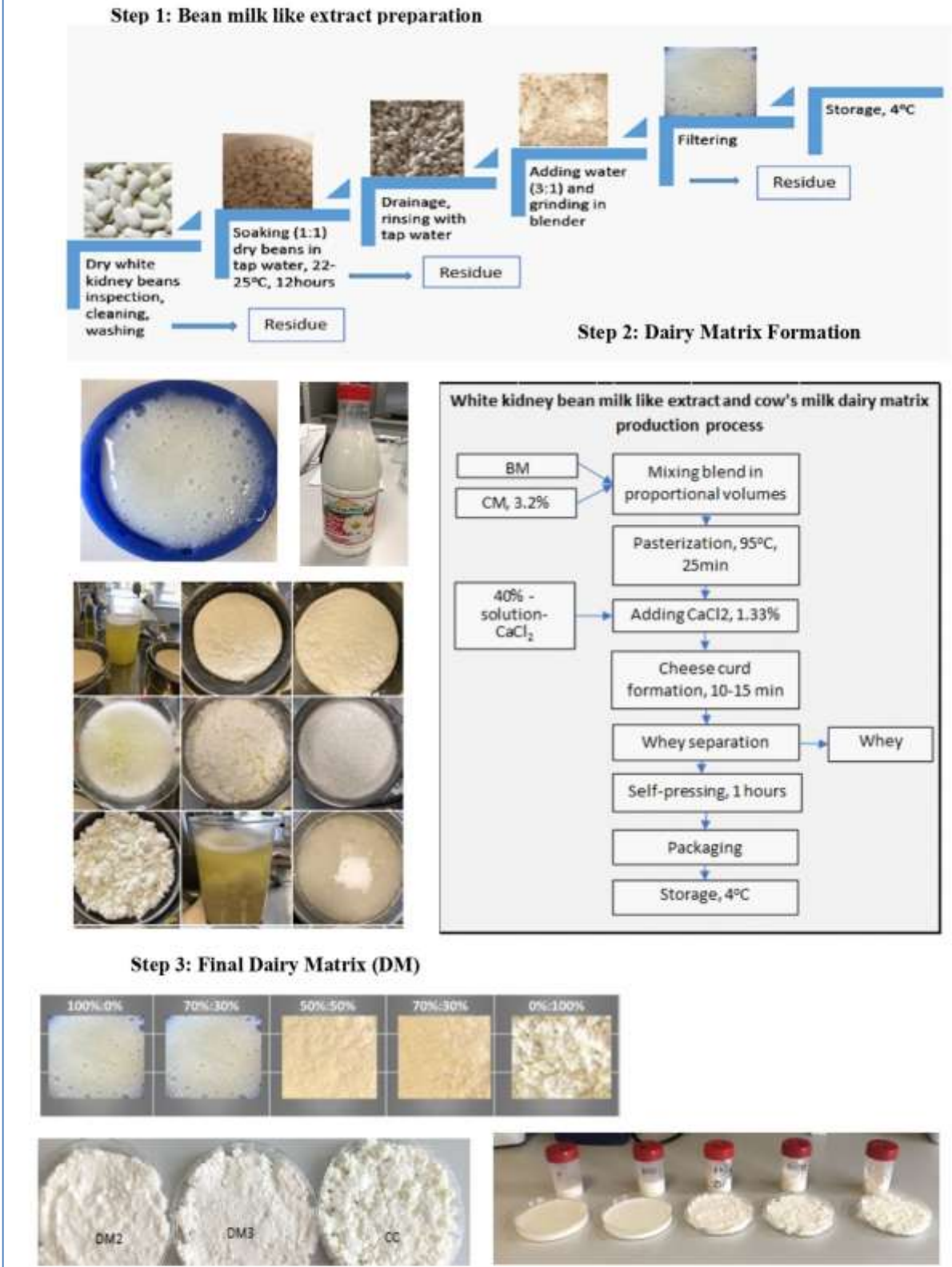
Chairman of the conference:
prof. Audrius Sigitas Maruška

University of Lithuania 1922–2022

NoSSS Nordic Separation Science Society

Приложение 9.

Graphical abstract



Приложение 10.

SPSS analysis Day 28 Rheology of fermented drinks

```
  /FILE='D:\PhD\Литва\Results\Ibarat exp statistics_16-04-2024YoSPSS.xlsx'
  /SHEET=name 'Yoghurt Rheology1-28day  (set)'
  /CELLRANGE=full
  /READNAMES=on
  /ASSUMEDSTRWIDTH=32767.
EXECUTE.
DATASET NAME DataSet17 WINDOW=FRONT.
DESCRIPTIVES VARIABLES=Day ShearStressPa ViscositymPa·s
  /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
```

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Day	2500	1	28	14,20	9,623
Shear Stress, [Pa]	2500	-4,0138	75,6760	20,845117	18,0556299
Viscosity, [mPa·s]	2500	-4023,5000	63402,0000	1256,321853	3891,5853092
Valid N (listwise)	2500				

				Shear Stress, [Pa]	Viscosity, [mPa·s]
				Mean	Mean
Day	1	Sample	BCYI	3,5130	318,4627
			BCYII	7,9414	816,4846
			BCYIII	42,7244	2445,0618
			BY	2,9966	29,9705
			CYI	29,0816	1264,4671
	7	Sample	BCYI	8,8898	582,1782
			BCYII	7,8655	946,9976
			BCYIII	26,9963	2287,8653
			BY	3,0195	60,4500
			CYI	35,3346	2113,3437
	14	Sample	BCYI	11,1321	938,2166
			BCYIII	42,3785	2597,5152
			BY	1,1019	-31,2635
			CYI	17,6099	916,8927
	21	Sample	BCYI	6,2468	410,9538
			BCYII	24,5029	1816,3503
			BCYIII	54,2808	3323,0768
			BY	4,3085	113,8592
			CYI	33,8003	1367,6174
	28	Sample	BCYI	4,6751	122,3730
			BCYII	26,9419	2099,0072
			BCYIII	50,0829	3011,9554
			BY	3,1944	89,8839
			CYI	30,1310	1168,8117

Приложение 11.

Activities

Приложение 12.

Акт производственных испытаний

United Food Alliance

A01.28
4.02.2026

АКТ

по результатам производства опытного образца хумуса из белой фасоли

Мы, нижеподписавшиеся, в составе директор производства Т. Адылбекова, заведующая лабораторией Н. Джапарова, мастер производства сыров А. Кыдырмышева, настоящим сообщаем, что 30-го января 2026 года на производственной базе ОсОО «Юнайтед Фуд Альянс» по адресу: Кеминский район, с. Шабдан, ул. Куренкеева, 50, провели производственную выработку опытного образца хумуса из вторичного сырья экстракта белой фасоли.

На основании результатов выработки и оценки готового продукта, комиссия пришла к единому мнению, что хумус имеет оптимальные физико-химические и органолептические свойства, является отличной базой для последующего формирования вкусовых качеств добавлением специй. Хумус с черным перцем и базиликом получил от 8 до 10 баллов от дегустаторов. По результатам испытаний продукт можно рекомендовать к внедрению в производство в качестве полуфабриката для кафе и ресторанов.

Директор производства Т. Адылбекова

Заведующая лабораторией Н. Джапарова

Мастер производства сыров А. Кыдырмышева

ОсОО «United Food Alliance»
Кыргызская Республика, Чуйская обл.,
Кеминский р., с. Шабдан, ул. Куренкеева, 50

LLC «United Food Alliance»
50, str. Kurenkeeva, Kemin d.,
Chui r., Kyrgyz Republic

«United Food Alliance» ЖЧК
Кыргыз Республикасы, Чүй обл.,
Кемин р., Шабдан а., Куренкеев көч., 50

Приложение 13.

United Food Alliance

A01.27
4.02.2026

АКТ

по результатам производства опытного образца крема-сыра

Мы, нижеподписавшиеся, в составе директор производства Т. Адылбекова, заведующая лабораторией Н. Джапарова, мастер производства сыров А. Кыдырмышева, настоящим сообщаем, что 30-го января 2026 года на производственной базе ОсОО «Юнайтед Фуд Альянс» по адресу: Кеминский район, с. Шабдан, ул. Куренкеева, 50, провели производственную выработку опытного образца сливочного крема-сыра с использованием заквасочной микрофлоры АВТ9 и экстракта белой фасоли.

На основании результатов выработки и оценки готового продукта, комиссия пришла к единому мнению, что крем-сыр имеет оптимальные физико-химические и органолептические свойства со слабыми нотками привкуса фасоли. По результатам испытаний продукт можно рекомендовать к внедрению в производство с дальнейшей оптимизацией процессов подготовки экстракта белой фасоли.

Директор производства Т. Адылбекова

Заведующая лабораторией Н. Джапарова

Мастер производства сыров А. Кыдырмышева

ОсОО «United Food Alliance»
Кыргызская Республика, Чуйская обл.,
Кемин р., с. Шабдан, ул. Куренкеева, 50

LLC «United Food Alliance»
50, str. Kurenkeeva, Kemin d.,
Chui r., Kyrgyz Republic

«United Food Alliance» ЖЧК
Кыргыз Республикасы, Чуй обл.,
Кемин р., Шабдан а., Куренкеев көч., 50