

Федеральное государственное автономное научное учреждение
«Всероссийский научно–исследовательский институт молочной
промышленности»
(ФГАНУ «ВНИМИ»)

На правах рукописи

Яшин Алексей Николаевич

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО НАПИТКА НА
МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ КИСЕЛЕОБРАЗНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ

Специальность: 4.3.3 – Пищевые системы

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук
Е.Ю. Агаркова

Москва, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ.....	12
1.1 Актуальность и практическая значимость создания новых поликомпонентных напитков на молочной основе киселеобразной консистенции	12
1.2. Молочная основа как перспективная модель создания новых пищевых продуктов	15
1.3. Мука грецкого ореха как потенциальный компонент продуктов нового поколения	19
1.4. Псиллиум – перспективный структурообразователь пищевых систем.....	25
1.5 Свойства пектина и его использование в молочных системах	35
1.6. Современное состояние рынка продуктов с МГО на молочной основе	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ.....	44
ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	46
2.1 Объекты исследований	46
2.2 Методы исследований	47
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	50
3.1 Проведение исследований по установлению рациональной дозы внесения муки грецкого ореха в водных растворах.....	50
3.3 Проведение исследований по установлению реологического поведения псиллиума	56
3.4 Блокировка кальция в окрестности казеиновых мицелл	61
3.5 Подбор пектина для стабилизации системы	63
3.6 Подбор пектина для стабилизации системы топленое молоко-пектин.....	67
3.7 Исследование влияния величины pH, титруемой кислотности и состава модельных систем на их органолептические характеристики	73
3.8 Установление зависимостей напряжения сдвига от скорости сдвига поликомпонентных молочных систем	80

3.9 Определение математической зависимости критической массовой доли пектина от массовой доли МГО.....	87
3.10 Эмпирический подбор массовой доли псиллиума в системе молоко-пектин-МГО	91
3.11 Разработка технологии напитка с киселеобразной консистенцией.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	102
Приложение А	118
Приложение Б	119
Приложение В.....	120

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В РАБОТЕ

МГО – мука грецкого ореха

Пс – псиллиум

Б – белок

Ж – жир

ПВ – пищевые волокна

УВ – углеводы

МН – метаболические нарушения

СН – сладкие напитки

ПП – пищевые продукты

ВЭ – высокоэтерифицированный пектин

НЭ – низкоэтерифицированный пектин

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Метаболические нарушения (МН) представляют одну из приоритетных проблем здравоохранения, так как являются существенным фактором риска развития заболеваний, приводящих к повышенной заболеваемости и смертности населения РФ, в том числе трудоспособного возраста. Метаболический синдром, как крайняя форма метаболических нарушений, имеет широкое распространение как в России, так и в мире и имеет стойкую тенденцию на увеличение. Профилактические мероприятия, направленные на снижение количества МН, включая внедрение персонализированного питания, способны сдержать рост распространенности метаболического синдрома [1–4].

Большая часть больных с диагностированными МН имеют дисбаланс потребления микроэлементов [5–7] и повышенное потребление рафинированных углеводов [7–9], в том числе за счет частого употребления в питании сладких напитков (СН) [11, 12], и других пищевых продуктов (ПП). Альтернативой их применения может являться расширение ассортимента и возможность регулярного употребления в пищу ПП и напитков с пониженным содержанием сахара, либо без включения сахара и крахмала. В связи с этим, остается актуальным создание пищевых продуктов с низким гликемическим индексом, содержащих необходимый витаминный и минеральный состав. Анализ фактического питания населения Российской Федерации показывает, что сложившаяся структура рациона не обеспечивает адекватного поступления жизненно необходимых макро- и микронутриентов без существенного увеличения общей суточной энергетической ценности питания [13, 14].

В данном контексте особый интерес представляет широко известный русский напиток — кисель, наименование которого и рецептура не имеет прямых зарубежных аналогов. Органолептические свойства и сформированная специфика потребления киселя заключается в возможности его использования как в виде напитка, так и заменять полноценный прием пищи. Обволакивающая однородная консистенция киселя оказывает благотворное влияние на желудочно-кишечный

тракт и рекомендуется в лечебном и профилактическом питании. Разнообразная рецептура киселя с возможностью добавления разных компонентов для обогащения витаминами, микроэлементами и пищевыми волокнами повышает привлекательность киселя для разных групп населения.

Существующая рецептура киселей на фруктово-ягодной или молочной основе, в рамках установленного ГОСТ Р 56558-2015 и ГОСТ 18488-2000 [14,15], позволяет включать большое количество сахара и/или крахмала, и, как следствие, приводит к высокому гликемическому индексу готового продукта. Кисель отнесен к категории сладких напитков, и рецептура разных видов киселя отличается только дополнительными добавками и компонентами. Фруктовые, ягодные и растительные компоненты определяют конечный вкусовые характеристики и полезные свойства готового продукта.

Всемирная Организация Здравоохранения выпустила рекомендации сократить потребление свободных сахаров [17]. Безопасным считается ежедневное потребление быстрых углеводов до 10% от своего суммарного энергопотребления. При этом дальнейшее сокращение до 25 граммов в день принесет дополнительную пользу для здоровья. Существующий ассортимент сладких киселей содержит 18-25 граммов углеводов в одной только порции готового продукта. Вместе с тем характерной особенностью современной рецептуры киселей является высокое содержание рафинированного сахара, что существенно ограничивает возможность их применения в системе лечебно-профилактического и диетического питания. Указанный фактор делает продукт нежелательным для регулярного употребления лицами с нарушениями обмена веществ, заболеваниями сердечно-сосудистой системы, а также пациентами, страдающими сахарным диабетом.

Некоторые авторы приводят ряд положительных свойств крахмала в составе киселя. Способность абсорбировать ряд токсичных веществ, тормозить синтез вторичных желчных кислот, участвовать в стероидном обмене, снижая алиментарное поступления в организм, могут положительно влиять на организм человека [18]. Дополнительно описывается способность выводить мочевину в толстом отделе кишечника. Однако одновременное присутствие сахарозы в

большом количестве может иметь большее значение, чем описание свойства крахмала.

На протяжении последнего десятилетия отмечается повышенный спрос на «здоровые» продукты, в том числе продукты с пониженным содержанием сахаров [19]. Монетарная политика государства направлена как на ограничение «вредных» продуктов питания, так и поддержку производителей здорового питания. Результаты маркетинговых и социологических исследований свидетельствуют о недостаточной обеспеченности потребительского рынка Российской Федерации продуктами питания с пониженным содержанием сахаров и одновременно сбалансированным витаминно-минеральным составом, предназначенными для систематического потребления. При этом кисель в массовом сознании сохраняет статус продукта, ассоциируемого с оздоровительными свойствами, а также рассматривается как технологически удобная матрица для введения функционально значимых пищевых ингредиентов. Разработка рецептур несладких киселей на основе натуральных компонентов без использования искусственных добавок представляется перспективным направлением создания новых продуктов массового и специализированного назначения, включая рационы лиц с МН [20]. Востребованность данного направления подтверждается активной разработкой в последние годы ряда официальных документов, которые призваны направленно развивать технологии обогащенных продуктов в РФ, в частности: Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 15 марта 2021 г. № 143); Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации указом Президента Российской Федерации и др.

В связи с чем, исследования и разработка новых технологий в области производства поликомпонентного напитка на молочной основе киселеобразной консистенции с низким гликемическим индексом являются актуальными.

Степень разработанности.

Большой вклад в разработку полидисперсных систем на молочной основе, в том числе с использованием растительных компонентов различного

происхождения, исследование зависимостей формирования их структуры с учетом динамических взаимодействий в процессе технологических переделов, внесли отечественные и зарубежные ученые Асафов В.А., Богданова Е.А., Гордезиани В.С., Донская Г.А., Радаева И.А., Харитонов В.Д., Aspri M., Booth A., Shateri Z. др.

Научная школа, заложенная данными специалистами, позволила практически реализовать большое количество технологических решений в области получения многокомпонентных систем на молочной основе, в том числе функциональной направленности.

Цели и задачи диссертационного исследования.

Целью работы являлось создание технологии производства напитка на молочной основе многокомпонентного состава специфической киселеобразной консистенции, рекомендованного в составе специализированных рационов для людей с ограниченным потреблением легких углеводов с привлекательными потребительскими характеристиками.

Задачами диссертационной работы являлись:

1. Систематизировать данные в области состояния рынка напитков киселеобразной консистенции, технологически необходимых добавок для достижения данной структуры и обосновать необходимость разработки напитков с пониженным содержанием сахара.

2. Определить рациональную дозу внесения муки грецкого ореха (МГО), пектина и псиллиума на основании исследования показателей активной и титруемой кислотности; органолептических показателей в многокомпонентную молочную систему.

3. Установить зависимости формирования консистенции от состава многокомпонентных систем киселеобразной консистенции на молочной основе.

4. Исследовать влияние активной и титруемой кислотности на органолептические и реологические характеристики многокомпонентных систем на основе топленого молока.

5. Определить математическую зависимость критической массовой доли пектина от массовой доли МГО для эмпирического подбора массовой доли псиллиума в системе молоко-МГО-пектин.

6. Разработать документ по стандартизации на напиток молочный «Киселаكتис» без добавления сахарозы и крахмала и провести промышленное внедрение разработанной технологии на предприятиях молочной отрасли.

Научная новизна.

Доказана необходимость блокировки кальция в окрестностях казеиновых мицелл, обусловленная нестабильным реологическим поведением псиллиума в присутствии ионов кальция, путем барьерного взаимодействия с молекулами пектина.

Показано, что в системе топленое молоко-МГО-пектин вопреки традиционным представлениям отсутствует статистически значимое влияние пектина на титруемую кислотность, связанное с наличием в составе МГО компонентов, способных в сочетании с молоком и пектином проявлять себя в качестве кислот и оснований Льюиса.

Получена математическая зависимость критической массовой доли пектина от массовой доли МГО.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Полученные данные позволяют контролировать процесс структурообразования в многокомпонентных полидисперсных системах на молочной основе. В работе решена проблема формирования киселеобразной консистенции в продукте на молочной без использования крахмала и сахарозы.

Показана практическая применимость МГО в сочетании с пектином и псиллиумом при формировании киселеобразной консистенции на молочной основе.

Разработаны технические условия на молочный напиток, не содержащий крахмал и сахарозу «Киселаكتис».

Разработанный продукт может быть рекомендован в составе корректирующих рационов людей с вынужденно ограниченным потреблением сахарозы. При этом напиток имеет сбалансированный состав.

Методология работы базировалась на плане исследований, включенных в государственные задания по теме «Совершенствование методологических основ контроля качества процессов и продуктов технологий переработки молока с учетом глобальных изменений, концептуально трансформирующих традиционные основы питания» (шифр FNSS-2022-0004) и по теме «Развить принципы интегральных процессуальных и методологических наукоемких решений для повышения эффективности и экологичности промышленных технологий переработки молока в условиях последовательного ряда переделов» (Шифр FNSS-2025-0003). В процессе проведения экспериментов задействованы стандартизованные и оригинальные методы исследований свойств молочных многокомпонентных систем, включая статистическую обработку полученных данных. Работа выполнена во ФГАНУ «ВНИМИ» на базе Лаборатории биохимии молока и молочных продуктов.

Положения, выносимые на защиту.

Зависимости проявления свойств ингредиентов, входящих в многокомпонентную молочную систему от их химической природы.

Математическая модель, основанная на эмпирических данных, описывающая вклад каждого компонента на органолептические показатели многокомпонентной молочной системы.

Математическая зависимость критической массовой доли пектина от массовой доли МГО (регрессия со статистикой коэффициентов и всей зависимости в целом).

Степень достоверности.

Планирование работы проведено с использованием собственного научно-методологического подхода, включающего детальное описание задач и разработку логично построенного плана эксперимента. Полученные результаты исследований неоднократно подвергались рецензированию со стороны научного сообщества при

выполнении ГЗ и публикации статей в периодических изданиях. Экспериментальные исследования выполнены с использованием современной материально-технической и приборной базы, а также комплекса стандартизованных и модифицированных методов анализа, адаптированных к решению поставленных научных задач. Применённый методический подход обеспечил высокую точность измерений и воспроизводимость экспериментальных данных. Надёжность и статистическая обоснованность полученных результатов подтверждены многократным (от трёх до пяти раз) воспроизведением экспериментальных процедур с последующей статистической обработкой массива данных с использованием табличного процессора Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation Inc., США) и программного обеспечения TableCurve 3D (Grafiti LLC Headquarters, США).

Апробация результатов исследований.

Основные результаты работы доложены и получили одобрение на VI Международной Научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой (г.Москва, 2024); XIII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ПИЩЕВЫЕ ИННОВАЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ» г. Кемерово, 2025); X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов (г. Вологда, 2025).

Публикации.

По материалам диссертационной работы опубликовано 8 печатных работ, в том числе 4 в журналах, входящих в перечень ВАК РФ

Структура и объем работы

Диссертационная работа включает в себя введение, 3 логически связанные между собою главы, основные результаты и выводы, перечень сокращений и условных обозначений, список литературы и приложения. Диссертация изложена на 120 страницах, содержит 20 таблиц, 45 рисунка. Библиографический список состоит из 130 источников литературы отечественных и зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

1.1 Актуальность и практическая значимость создания новых поликомпонентных напитков на молочной основе киселеобразной консистенции

Метаболические нарушения (МН) представляют одну из приоритетных проблем здравоохранения, так как являются существенным фактором риска развития заболеваний, приводящих к повышенной заболеваемости и смертности населения РФ, в том числе трудоспособного возраста. Метаболический синдром, как крайняя форма метаболических нарушений, имеет широкое распространение как в России, так и в мире и имеет стойкую тенденцию на увеличение. Профилактические мероприятия, направленные на снижение количества МН, включая внедрение персонализированного питания, способны сдержать рост распространенности метаболического синдрома [1–4].

Большая часть больных с диагностированными МН имеют дисбаланс потребления микроэлементов [5–7] и повышенное потребление рафинированных углеводов [7–9], в том числе за счет частого употребления в питании сладких напитков (СН) [11–14], и других пищевых продуктов (ПП). Альтернативой их применения может являться расширение ассортимента и возможность регулярного употребления в пищу ПП и напитков с пониженным содержанием сахара, либо без включения моно- и дисахаридов. В связи с этим, остается актуальным создание пищевых продуктов с низким гликемическим индексом, содержащих необходимый витаминный и минеральный состав [15]. Данные, полученные при изучении рациона жителей России в настоящий момент, свидетельствуют о том, что через текущую структуру потребления пищи невозможно получить достаточное количество жизненно важных нутриентов, не увеличивая при этом ее общую калорийность [16–18].

Одним из перспективных продуктов в решении этой задачи может стать исконно русский кисель, не имеющий прямых аналогов за рубежом ни по названию, ни по технологии приготовления. Особенность киселя заключается в его универсальности: благодаря своим вкусовым и физическим свойствам, он может

потребляться в качестве напитка в дополнение к приему пищи или заменять собой целое блюдо. Обволакивающая гомогенная консистенция киселя оказывает благотворное влияние на желудочно-кишечный тракт и рекомендуется в лечебном и профилактическом питании. Разнообразная рецептура киселя с возможностью добавления разных компонентов для обогащения витаминами, микроэлементами и пищевыми волокнами повышает привлекательность киселя для разных групп населения[19].

Следует отметить, что существующие технологии производства киселей на фруктово-ягодной и молочной основе, в рамках действующей нормативно-технической документации¹², допускают внесение значительных количеств сахаросодержащих компонентов. Это, в свою очередь, приводит к формированию высокого гликемической нагрузки готового продукта и снижает его диетологическую ценность. Кисель отнесен к категории сладких напитков, и рецептура разных видов киселя отличается только дополнительными добавками и компонентами. Фруктовые, ягодные и растительные компоненты определяют конечные вкусовые характеристики и полезные свойства готового продукта.

Всемирная Организация Здравоохранения выпустила рекомендации сократить потребление свободных сахаров [20]. Безопасным считается ежедневное потребление быстрых углеводов до 10% от своего суммарного энергопотребления. При этом дальнейшее сокращение до 25 граммов в день принесет дополнительную пользу для здоровья. Существующий ассортимент сладких киселей содержит 18-25 граммов углеводов в одной только порции готового продукта. Высокая доля легкоусвояемых углеводов в составе традиционных киселей обуславливает невозможность их включения для регулярного использования в диетотерапии при заболеваниях, сопровождающихся нарушением углеводного и липидного обмена, а также при патологиях сердечно-сосудистой системы..

Некоторые авторы приводят ряд положительных свойств крахмала в составе киселя, как ключевого компонента получения киселеобразной консистенции

¹ ГОСТ Р 56558-2015

² ГОСТ 18488-2000

напитка. Способность абсорбировать ряд токсичных веществ, тормозить синтез вторичных желчных кислот, участвовать в стероидном обмене, снижая алиментарное поступления в организм, могут положительно влиять на организм человека [21]. Дополнительно описывается способность выводить мочевину в толстом отделе кишечника. Однако одновременное присутствие сахарозы в большом количестве, чтобы обеспечить привлекательные вкусовые свойства киселя, может иметь большее значение, чем описанные свойства крахмала.

Растворимые пищевые волокна могут играть большую роль в снижении усвоения глюкозы и алиментарного холестерина, улучшая моторно-эвакуаторную функцию толстой кишки, нормализуя микробную составляющую кишечника. Гипогликемический эффект растворимой фракции пищевых волокон, к примеру шелухи псиллиума, задействует другие механизмы, как увеличением времени движения содержимого по тонкому кишечнику, снижение эффективности пищеварительных ферментов, смещение образования в толстой кишке короткоцепочечных жирных кислот, подавляющих глюконеогенез в печени [22, 23].

Устойчивым трендом последние десятилетия остается повышенный спрос на «здоровые» продукты, в том числе продукты и напитки с пониженным содержанием «быстрых углеводов» [24, 25]. Политика государства направлена как на ограничение «вредных» продуктов питания, так и поддержку производителей здорового питания. Современное состояние продовольственного рынка характеризуется ограниченным ассортиментом продуктов с низким содержанием сахаров и оптимизированным микроэлементным и витаминным составом, ориентированных на ежедневное потребление. В этих условиях кисель, как хорошо узнаваемый и органолептически приемлемый продукт, обладает значительным потенциалом для реинтеграции в рацион современного потребителя за счёт модификации рецептурного состава и функциональной направленности, включая пациентов с МН [26].

1.2. Молочная основа как перспективная модель создания новых пищевых продуктов

Молочные продукты имеют особое значение для поддержания здоровья человека в разных возрастных группах, являются компонентом лечебно-профилактического питания. Разнообразный и сбалансированный состав коровьего молока позволяет получать макро и микроэлементы, включая незаменимые аминокислоты, свободные жирные кислоты, витамины и минералы. Молочная основа позволяет получать продукты с высокой биологической ценностью [27–30]. Описаны защитные антиоксидантные свойства молока и молочных продуктов, которые крайне важны для профилактики метаболических нарушений. [31].

Компоненты молочной матрицы обладают уникальными физико-химическими и реологическими свойствами, которые могут быть использованы для создания новых пищевых продуктов с улучшенными питательными и органолептическими характеристиками. Одним из актуальных направлений исследований является изучение молочной основы в качестве инновационной платформы для новых пищевых продуктов. Физико-химические и реологические свойства молочной основы, учитывающих взаимодействие молочных белков, жиров и углеводов, а также их влияние на текстуру и стабильность продуктов достаточно изучены [32–34]. Изучение реологических свойств молочной матрицы в условиях взаимодействия с натуральными функциональными компонентами под воздействием различных процессов, таких как нагревание, охлаждение и механическая обработка представляет научный интерес. Взаимодействие молочной основы с функциональными компонентами, такими как орехоплодная мука, псиллиум, пектины может рассматриваться как потенциальная возможность создания новых пищевых систем с улучшенной пищевой ценностью [35]. Таким образом, глубокое понимание молочной основы и ее свойств в взаимодействии с натуральными компонентами могут стать основой для разработки новых высококачественных продуктов, которые отвечают современным потребительским требованиям и способствуют улучшению здоровья общества[36].

Физико-химические свойства молока (таблица 1.1) играют важную роль в возможности его использовании в пищевой промышленности и определяют не только качество, но и возможности этого продукта [37–39]. Молоко, являясь сложной многокомпонентной системой, состоящую из воды, углеводов, жиров, белков, витаминов и минералов. Основную часть молока составляет вода (примерно 87%), что определяет многие его физические характеристики, такие как температура замерзания и кипения, а также вязкость и плотность. Лактоза, казеиновые белки, соли кальция имеют важное значение в управлении реологическими свойствами сложных пищевых систем и приданию им гелеобразных и эмульсионных свойств. Нарушение солевого равновесия, особенно при избытке кальция, может приводить к снижению термоустойчивости и коагуляции белка [40].

Таблица 1.1 – Физико-химические свойства молока сырого и нормализованного молока

Показатель	Молоко сырое	Молоко нормализованное
Массовая доля жира, %	4,28±0,01	3,76±0,003
Массовая доля белка, %	2,99±0,003	3,03±0,001
Массовая доля лактозы, %	4,44±0,006	4,47±0,003
Массовая доля солей, %	0,70±0,001	0,71±0,001
Массовая доля сухого молочного остатка, %	12,49±0,02	12,03±0,003
Массовая доля сухого обезжиренного молочного остатка, %	8,15±0,012	8,21±0,001
Плотность, кг/м ³	1027,05±0,043	1027,77±0,009
Активная кислотность (pH)	6,61±0,01	6,59±0,006
Окислительно- восстановительный потенциал, мВ	63,01±0,01	64,01±0,01

Жиры в молоке представлены в виде мельчайших капель, формируют пространственную структуру и напрямую влияют на вязкость [41]. Динамическая вязкость молока линейно зависит от температуры. Однако, реологические свойства молока с низким содержанием жира имеют аномалии и описываются уравнением Шведова-Бингама. Повышение жирности молока приводит более выраженные

неньютоновские свойства: вязкость увеличивается при повышении скорости сдвига. Жировая фракция молока содержит также жирорастворимые витамины (А, D, Е, К), которые играют важнейшую благотворную роль в обмене веществ. Высокое содержание таких витаминов делает молоко ценным и необходимым элементом в рационе человека [42, 43]

Молочная промышленность на современном этапе развития располагает широким спектром технологий производства как моно-, так и многокомпонентных продуктов. Имеющиеся технологические решения позволяют включать в состав продуктов на молочной основе различные виды растительного и животного сырья, включая зерновые и крахмалосодержащие ингредиенты, плодово-ягодное сырьё, пищевые волокна, в том числе некрахмальные полисахариды, лекарственно-растительное сырьё, а также витаминно-минеральные премиксы. Стоит отметить, что приоритет как потребителей, так и производителей отдается натуральным компонентам, позволяющим повысить биологическую ценность продукта [44–46].

Также стоит отметить, что взаимодействие молочной основы с другими ингредиентами, такими как загустители или стабилизаторы, может значительно влиять на реологические характеристики [47]. Например, добавление крахмала, пектинов или карагинана может изменить вязкость и создает желаемую текстуру конечного продукта. Научный интерес представляет механизмы взаимодействия компонентов, в том числе гелеобразующих, в молочной матрице, чтобы добиться заданных свойств напитка и улучшить потребительские характеристики [48].

Молочный кисель является уникальным напитком, созданным на основе рецептуры традиционного русского киселя. Молочная основа, которая должна составлять более 50% от объема готового продукта [49], обладает полезными свойствами, так как содержит в составе необходимые организму витамины А, В1, В2, В5, РР, аминокислоты: лецитин, лизин, холин, триптофан, метионин. Благодаря высокой биологической ценности молочного киселя, обогащённые витаминами, микроэлементами и натуральными компонентами растительного происхождения, может рассматриваться для включения в рацион работников

вредных и опасных производств, студенческой среде и в рамках программ укрепления здоровья персонала на различных производствах.

Промышленное производство сладких киселей, в том числе на молочной основе, основано на использовании пищевых концентратов [50]. Сформировано и законодательно закреплена методология пищекокцентратной отрасли пищевой промышленности в отношении сладких напитков (кисели, муссы, желе), определены органолептические показатели, как степень густоты, однородности, прозрачность, содержания сахара и крахмала. Это, с одной стороны, дает четкое представление о таких напитках, понимания их качественных характеристиках и безопасности. С другой стороны, это затрудняет разработку новых видов несладких напитков, содержащих в своей рецептуре другие базовые компоненты рецептуры. Возникают сложности в определении как наименования, так и классификации новых продуктов [7].

Создания новых несладких пищевых продуктов с киселеобразной консистенцией на молочной основе требует поиск и включение в рецептуру подходящих компонентов, которые обеспечат привычные органолептические и вкусовые характеристики. Перспективными компонентами для создания несладкого молочного киселя могут являться продукты переработки бобовых и злаковых культур, ореховая мука и компоненты ее переработки, пищевые волокна различного происхождения, пробиотики. Однако, существуют объективные сложности получить привлекательные потребительские свойства при включении или замене сахаров и крахмала в рецептуре продукта. Все указанные компоненты уже широко используются в пищевой промышленности, но не рассматривались совместно для создания несладких напитков, в том числе на молочной основе [51–57].

При создании новых пищевых продуктов необходимо учитывать доступность компонентной базы и возможности регулярных поставок. Грецкий орех, и его компоненты, псиллиум производится на территории России и не имеют ограничений для использования в новых пищевых продуктах [58–60]. Однако,

производства пектина в России в настоящее время нет, но ограничений в поставках и использовании его в пищевой промышленности не отмечается [61].

1.3. Мука грецкого ореха как потенциальный компонент продуктов нового поколения

В пищевой промышленности грецкий орех (*Juglans regia*) достаточно изучен и широко используется. Рецептура многих национальных блюд в регионах, где произрастает дерево грецкого ореха, содержит различные компоненты этого растения. Пищевую ценность в первую очередь представляют плоды различной степени зрелости, ядро и его компоненты, в меньшей степени листья, кора, корни и околоплодники. Накоплен большой опыт использования грецкого ореха в кондитерском производстве. Различные компоненты грецкого ореха используются в хлебопекарной отрасли [62–64]. Представляет интерес использование грецкого ореха в разработке биодобавок, БАД, спредов, напитков и настоек [65].

Такое внимание к сырью из грецкого ореха определяет высокая пищевая ценность, лечебно-профилактические свойства и возможность использования отдельных компонентов переработки сырья. Сырьё, получаемое из различных морфологических частей грецкого ореха, характеризуется сложным и многообразным химическим составом, включающим эфирные масла, органические кислоты, алкалоиды, гликозиды, сапонины, кумарины, каротиноиды, водорастворимые витамины, фитонцидные вещества, фенольные соединения, дубильные вещества и микроэлементы. Такое разнообразие натуральных компонентов грецкого ореха напрямую влияют на органолептические, микробиологические, структурные и прочие свойства продуктов, в составе которого включается этот орех [66].

Ядра грецкого ореха содержат все основные макронутриенты: белки, жиры и углеводы (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Пищевая ценность ядер грецкого ореха

Наименование показателя	Массовая доля, % на абсолютное сухое вещество	
	среднее значение	пределы колебания
влага	4,07	3,8 – 4,22
белок	16,49	16,2 – 17,05
жир	69,28	66,5 – 70,5
углеводы	12,27	11,1 – 13,2
- клетчатка	6,3	6,2 – 6,75
зола	1,96	1,5 – 2,0

Ядра грецкого ореха молочной спелости характеризуются высоким содержанием протеина, массовая доля которого, по данным различных источников, варьирует в пределах 15,0-19,0%. Белковая фракция отличается полноценным аминокислотным составом и включает весь спектр незаменимых аминокислот, среди которых наибольшая доля приходится на валин, лейцин, изолейцин и триптофан. При этом лимитирующими аминокислотами являются треонин (аминокислотный скор 97%), метионин (85%) и лизин (67%). В составе заменимых аминокислот преобладают аспарагиновая (2300 мг на 100 г продукта) и глутаминовая кислоты (2760 мг на 100 г продукта), а также серин (930 мг на 100 г продукта) [67].

Большое количество белка позволяет рассматривать плоды грецкого ореха и продукты его переработки в качестве сырья для включения дополнительного источника протеина из растительного сырья. Включение небольшого количества ядер ореха (150-250г ядер) позволяет обеспечить суточную потребность взрослого человека. Высокое содержание незаменимых аминокислот, как важная составляющая всех природных белков, дает дополнительное преимущество включения грецкого ореха как источника белка. Незаменимые аминокислоты играют крайне важную роль в синтезе и распаде протеина. Биологическая роль отдельных аминокислот, в частности лейцина, обусловлена его участием в регуляции поддержания уровня глюкозы в крови, положительного азотистого баланса, необходимого для процессов белкового и углеводного обмена,

а также в формировании и нормальном функционировании мышечной ткани [68, 69].

Углеводный компонент грецкого ореха представлен в невысоком количестве и в среднем составляет до 14 г на 100 г продукта. Основную долю углеводов формируют пищевые волокна, включая клетчатку (27%) и пектиновые вещества (16%), тогда как моно- и дисахариды в среднем составляют до 8% и представлены преимущественно сахарозой. Данный углеводный профиль обуславливает низкий гликемический индекс плодов грецкого ореха, равный 15. Это позволяет включать широко в рацион питания, а клетчатка замедляет усвоение сахаров, что помогает поддерживать стабильный уровень глюкозы в крови, снижать уровень холестерина и способствовать нормализации работы кишечника.

Липидная фракция грецкого ореха характеризуется высоким содержанием жиров, массовая доля которых находится в диапазоне 62,5–68,0 %, и отличается значительной биологической ценностью за счёт высокого уровня полиненасыщенных жирных кислот [70]. В составе масла грецкого ореха преобладают незаменимые ω -6 и ω -3 жирные кислоты, в частности линолевая кислота (44–55% от общего содержания жирных кислот), α -линоленовая (8–10%) и γ -линоленовая (5–7%). Кроме того, в липидной фракции присутствуют фитостерины в концентрации 115–145 мг на 100 г продукта и фосфатидилэтаноламины и сфинголипиды (2,1–2,3%) (таблица 1.3).

Ядра грецкого ореха, имеющие ценный жировой состав, является причиной широкого спектра переработки, включая получение масла с вторичной переработкой жмыха [69]. Наибольшую ценность представляет зрелые или недозрелые ядра грецкого ореха, являющиеся сырьем для производства ценного и дорогостоящего масла грецкого ореха. Полученный жмых грецкого ореха может быть подвергнут вторичной обработке с получением муки грецкого ореха. Жмых грецкого ореха сохраняет ценный белковый компонент, клетчатку и имеет умеренную калорийность по сравнению с цельными ядрами.

Таблица 1.3 – Жирно-кислотный состав масла грецкого ореха

№	Наименование жирных кислот	Массовая доля %
1	Миристиновая C _{14:0}	0,1
2	Пальмитиновая C _{16:0}	4,0 – 4,43
3	Пальмитоловая C _{16:1}	0,1
4	Маргариновая C _{17:0}	0,1
5	Стеариновая C _{18:0}	1,3 – 1,7
6	Олеиновая C _{18:1}	8,8 – 11,6
7	Линолевая C _{18:2}	45,0 – 76,0
8	Линоленовая C _{18:3}	7,5 – 16,5
9	Арахидоновая C _{20:0}	0,3

Мука грецкого ореха (МГО) представляет тонкодисперсный порошок желтого, светло-коричневого цвета, получаемого в качестве побочного продукта производства масла грецкого ореха методом холодного прессования, с последующей сушкой и помолом до мелкой фракции. МГО является полностью натуральным продуктом без посторонних включений, в том числе не содержит ароматических добавок [71, 72].

Химический и витаминно-минеральный состав МГО, также, как и ядра, указывает на высокую биологическую ценность (таблица 1.4). Калорийность МГО может быть дополнительно скорректирована в снижении жирового компонента до получения жмыха. Жмых МГО рассматриваются как перспективный компонент лечебно-профилактического питания, в том числе при сердечно-сосудистых заболеваниях, атеросклерозе и состояниях, связанных с дефицитом витаминов и минеральных веществ. Высокое содержание пищевых волокон в МГО способствует нормализации моторно-эвакуаторной функции кишечника; при этом клетчатка, выступая в роли природного пребиотика, оказывает благоприятное влияние на микробиоценоз желудочно-кишечного тракта.

Таблица 1.4 – Пищевая ценность и компонентный состав МГО

Название питательных веществ	количество, г/100 г
Массовая доля жира	9,84
Массовая доля клетчатки	17,87
Массовая доля золы	24,83
Массовая доля влаги	8,87
Массовая доля белка	38,59
В том числе незаменимые аминокислоты:	21,57
- лизин	4,20
- треонин	3,67
- валин	4,21
- метионин	1,46
- изолейцин	2,35
- лейцин	5,68
Остальные аминокислоты:	17,02

Витаминный состав грецкого ореха характеризуется значительным содержанием токоферолов — от 23 до 31 мг на 100 г продукта, при этом до 85 % от их общего количества приходится на γ -токоферол. Токоферолы выполняют выраженную антиоксидантную функцию, замедляя процессы окисления липидов и способствуя увеличению сроков хранения орехового сырья. Существенный вклад в витаминную ценность продукта вносят водорастворимые витамины группы В (В₁, В₂, В₃, В₅ и В₆): содержание пиридоксина составляет 0,54–0,80 мг, тиамина — 0,34–0,46 мг, пантотеновой кислоты — 0,57–0,90 мг на 100 г продукта. Кроме того, грецкий орех отличается высоким уровнем фолиевой кислоты, концентрация которой варьирует от 0,22 до 0,37 мг.

Минеральный состав МГО представлен значительным количеством широкого спектра макроэлементов, среди которых доминируют калий (418–664 мг), фосфор (332–393 мг), магний (126–189 мг) и до 100 мг серы. Среди микроэлементов наибольшее содержание имеют железо (1,6–2,3 мг), марганец (1,6–2,3 мг) и цинк (2,7–3,1 мг) на 100 г продукта. Отдельного внимания заслуживает наличие ценного микроэлемента – йода, концентрация которого составляет 3,1–7,5 мкг на 100 г орехов.

Как следует из данных, представленных в таблице 1.5, мука грецкого ореха является значимым источником макро- и микроэлементов, в том числе фосфора,

калия, цинка, марганца и меди. Минеральные вещества играют ключевую роль в обеспечении обменных и иммунных процессов, участвуют в регуляции ферментативной активности, синтезе гормонов, процессах кроветворения и формировании костной ткани.

Таблица 1.5 – Витаминный и минеральный состав МГО

№ пп	Наименование	Количество
Минеральный состав		
1.	Кальций, мг	124
2.	Железо, мг	0,9
3.	Медь, мкг	627
4.	Магний, мкг	198
5.	Марганец, мкг	1980
6.	Калий, мг	664
7.	Цинк, мг	3570
8.	Натрий, мг	3
9.	Фосфор, мг	564
10.	Йод, мг	3,1
Витаминный состав		
11.	Витамин В ₁ (тиамин), мг	0,38
12.	Витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,13
13.	Витамин В ₉ (фолиевая кислота), мкг	77
14.	Витамин F (антихолестериновый витамин), мг	90
15.	Витамин С (аскорбиновая кислота), мг	2,8
16.	Витамин Е (токоферол), мг	23
17.	Витамин А (β-каротин), мг	0,05

МГО представляет собой порошкообразный продукт тонкого помола, однородной консистенции, серого цвета с кремовым оттенком, обладающий характерным запахом, присущим ореховому сырью. Органолептические характеристики МГО могут варьироваться, но чаще описываются как имеющий сладковатый вкус с легким вяжущим привкусом, также с нежным молочно-карамельным оттенком или сладковатым ореховым вкусом и ароматом.

Экспериментально рядом авторов отмечается хорошую сочетаемость МГО с молоком, молочными и кисломолочными продуктами. Внесение МГО приводит к улучшению органолептических характеристик. Вкус и запах становятся более "наполненными". Кисломолочный вкус и запах хорошо сочетаются с легкими

ореховыми нотами, частицы муки грецкого ореха не ухудшают консистенцию. Следует отметить, что важно соблюдать дозировку МГО до 5% для сохранения лучших органолептических качеств [73].

Мука и жмых грецкого ореха широко применяется в хлебобулочном и кондитерском производстве для улучшения вкусовых и функциональных характеристик продукта [74, 75]. Однако, МГО не применяется широко в производстве напитков на молочной основе. Картофельный или кукурузный крахмал стал наиболее популярной основой для придания киселю желирующих свойств. Использование компонентов переработки орехов с целью получения желирующих свойств киселя применялось в традиционной рецептуре киселей, но не находило применение в промышленном производстве концентратов.

1.4. Псиллиум – перспективный структурообразователь пищевых систем

Псиллиум (лат. *psillium*) – обобщённое наименование несколько видов подорожника – подорожник овальный, подорожник блошной. В пищевой промышленности и кулинарии под этим термином принято обозначать шелуху семян этих растений или растёртую в муку из шелухи. Реже сырьем для производства муки псиллиума служат перетирают целые семена. На территории России псиллиум произрастает только в Закавказье. Имея широкую географию произрастания в Иране, Афганистане, Средней Азии и Средиземноморском регионах, мировым центром промышленного производства является Индия. Псиллиум (виды *Plantago ovata* и *Plantago psyllium*) в промышленных масштабах производится ради его клейкого вещества, которое представляет собой белое волокнистое вещество, имеющее гидрофильные характеристики. [76, 77].

Шелуха псиллиума представляет собой серо-коричневую муку, которая не имеет выраженного запаха и вкуса. Шелуха псиллиума получается путем обработки удаления внешнего покрытия семян. Именно шелуха является предметом исследования, в связи этим дальнейшее описание химического состава ядер не будет описываться детально. Существуют различные сорта шелухи

псиллиума, градирующиеся на основе чистоты сырья, типа и способа обработки семян и технологических особенностей помола [78].

Химический состав шелухи псиллиума представлен в таблице 1.6 [79]. Основным компонентом шелухи псиллиума является клетчатка: около 70% растворимой и 30% нерастворимой. Волокна псиллиума также содержат различные микронутриенты как цинк, марганец, медь, калий, магний и кальций (таблица 1.7). Однако, содержание этих компонентов незначительное в рамках суточной потребности взрослого человека. Показатели калорийности псиллиума имеет широкий диапазон. В российских источниках в диапазоне от 60-120 ккал/100 г, в зарубежных до 200 ккал/100 г продукта [80].

Таблица 1.6 – Пищевая ценность шелухи псиллиума

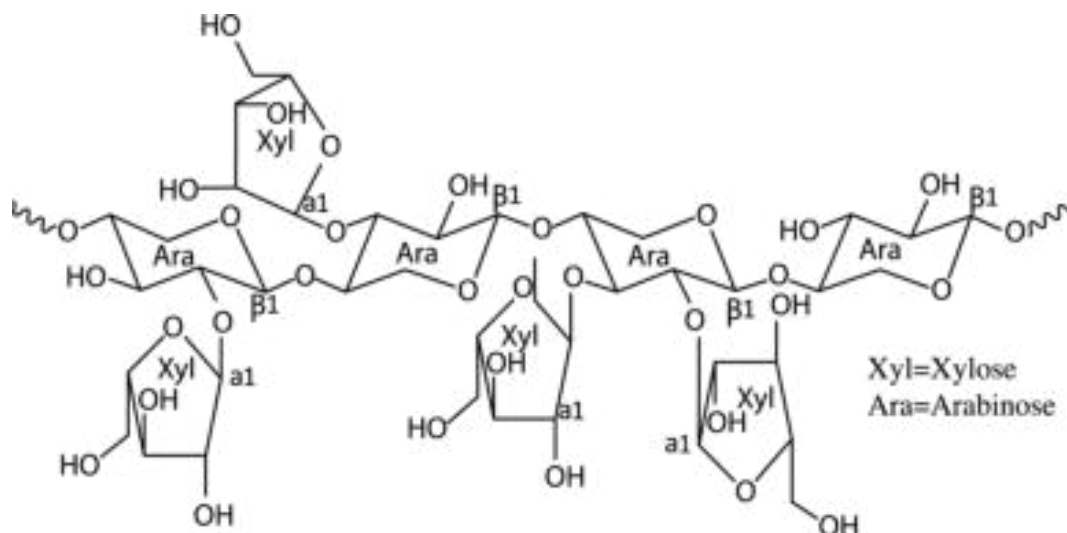
Наименование компонента	Массовая доля, % на абсолютное сухое вещество
влага	4.9 ± 0.01
белок	3.9 ± 0.05
жир	1.2 ± 0.01
углеводы	
- клетчатка	20.23 ± 0.4
зола	4.1 ± 0.01

Таблица 1.7 – Минеральный состав шелухи псиллиума

Наименование компонента	Количество
Кальций, мг	1,5
Магний, мг	0,15
Фосфор, мг	0,14
Калий, мг	8,5
Натрий, мг	0,64
Сера, мг	0,023

Как ранее отмечалось псиллиум представляет собой смесь полисахаридов: гексозы, пентозы и уроновые кислоты. Оболочка псиллиума также имеет большое количество гемицеллюлозы, которая состоит из ксилановой основы, связанной с единицами рамнозы, арабинозы и галактуроновой кислоты (арабиноксиланы). Семена состоят из 35% растворимой фракции и 65% нерастворимых полисахаридов, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Псиллиум

представляет собой гидрофильный муциллоид и сильно разветвленный полисахарид арабиноксилан, состоящий из высокой способности удерживать воду



и образовывать гели (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Структура арабиноксилана

Гелеобразующая фракция полисахаридов состоит из ксилозы, арабинозы и других сахаров в следовых количествах. В основе данного полимера присутствуют как $\beta(1\rightarrow3)$, так и $\beta(1\rightarrow4)$ гликозидные связи [81].

Интерес к арабиноксиланам в последнее время возрос. Он рассматривается рядом авторов (Mendez-Encinas, Carvajal-Millan, Rascon-Chu, Astiazaran-Garcia, & Valencia-Rivera, 2018) как перспективный функциональный и биологический компонент для создания новых пищевых систем. К примеру, арабиноксилан обладает уникальной способностью образовывать ковалентные гели путем окислительного связывания феруловой кислоты. Благодаря ковалентной природе эти гели обладают хорошей способностью поглощать воду и стабильны по отношению к pH, температуре и ионным зарядам (Izydorczyk & Biliaderis, 1995). С другой стороны, в научной литературе описаны потенциальные преимущества включения в рацион питания арабиноксилана как противовоспалительного и антиканцерогенного средства. Пищевые продукты, содержащие арабиноксилан, помогают замедлить перекисное окисление липидов и последующую окислительный стресс (Herrera-Balandrano et al., 2018). Благодаря таким свойствам,

данный компонент позволяет обоснованно применять как в терапии болезней желудочно-кишечного тракта, так и профилактических целях [82–84].

Гидроколлоиды, присутствующие в большом количестве в шелухе псиллиума, способны формировать вязкие дисперсные системы. Использование подобных гидроколлоидов открывает возможность добиться необходимой консистенции для кисломолочных изделий и обеспечить стабильность качества пищевой системы, устранить отделение сыворотки. Примером служат работы по разработке технологии приготовления йогурта с включением гидроколлоидных растительных соединений в количестве 2,0 и 2,5%. В экспериментах это позволило добиться значительного увеличения вязкости и плотности. Повышая привлекательность органолептических свойств продукта, было зафиксировано увеличение сроков хранения образцов. Исследователи связывают данный фактор со стабилизирующими свойствами гидроколлоида из псиллиума, который препятствует отделению сыворотки и, соответственно, увеличивает срок годности продукта [85, 86].

Сравнительный анализ гидроколлоида из псиллиума и из другого сырья, как бамбук и злаковые, на предмет их влияния на вязкоупругие и механические свойства, а также способность к связыванию, показал преимущества псиллиума. Figuerola и Genovese показал в эксперименте лучшую управляемость пищевой системой с псиллиумом, включая повышенную способность к гелеобразованию, устранению посторонних вкусовых компонентов, способность к управлению в сложных пищевых системах. Псиллиум способен замедлять гелеобразование во время холодного хранения [87].

Псиллиум демонстрировал способность образовывать гели в концентрации от 1% до 7% массовой доли как с термической обработкой, так и без нее. Стабильность гелевой структуры различались, физико-химические свойства и условия гелеобразования напрямую зависели от концентрации псиллиума (Noguerol и соавт., 2022). Выраженные гелеобразующие свойства наблюдались при концентрации псиллиума от 4% от массовой доли [88].

Zhou и др. в экспериментах показали дополнительную стабилизирующую роль полисахаридов, экстрагированных горячей водой из шелухи псиллиума. Удаляли фракции, растворимые в холодной воде, остаток псиллиума экстрагировали горячей водой с последующей депротеинизацией и сублимационной сушкой для получения препарата полисахарида псиллиума. Концентрация геля препарата псиллиума составляла в пищевой системе около 0,5% мас. доли. Полученный гель был способен быстро самовосстанавливаться и восстанавливать структуру геля в случае перемешивания [89, 90].

Ранее полисахариды, такие как крахмал, гидроколлоиды и пищевые волокна, рассматривались потенциальными заменителями жира для различных категорий продуктов с низким содержанием жира.

Сильная способность удерживать воду и свойство гелеобразования делают псиллиум, в частности, возможным подходящим агентом на замену жира в продуктах питания. В недавнем исследовании Zamora и др. (2023) получены данные о функциональных свойствах микрочастиц волокон, содержащий псиллиум, которые могут быть использованы в качестве заменителя пальмового масла в ореховой пасте. Микрочастицы волокон смогли заменить 100% пальмового масла в ореховой пасте из лесного ореха, которая имела привлекательные органолептические свойства. Важен был размер частиц волокон до 10 мкм и меньше для получения желаемых функциональных возможностей. Авторы сделали вывод, что растворимость, набухающая способность, водоудерживающая способность, вязкость раствора и стабильность эмульсии являются важными преимуществами для шелухи псиллиума и его смеси с другими волокнами в качестве заменителя жира. Таким образом, физико-химические свойства псиллиума позволяют его использовать заменителем жира в пищевых системах [91].

Крайне перспективными выделяются свойства шелухи псиллиума как стабилизатор эмульсии. Эмульсии типа «масло в воде» являются значимыми и распространенными структурными компонентами для многих пищевых систем, в том числе молока, молочных продуктов и напитков на молочной основе. Мука из

шелухи псиллиума может выступать в качестве композитных эмульгаторов для систем эмульсий типа «масло в воде» и могут повышать вязкость и водоудерживающую способность непрерывной водной фазы, повышая стабильность эмульсии типа «масло в воде».

Гелеобразующее свойство псиллиума может повышать стабильность эмульсии пищевых продуктов во время термической обработки. Чистый порошок шелухи псиллиума (чистота 99,88%), содержащий 87,3% пищевых волокон и размер частиц 100 меш, был протестирован Fu и другими (2022) на способность стабилизировать эмульсии типа «масло в воде». Псиллиум в концентрации 0,3–0,6% оказывал значительное дозозависимое воздействие на внешний вид эмульсии, размер капель, индекс стабильности (оценка стабильности эмульсии по технологии Turbiscan), реологические свойства, поверхностное натяжение, микроструктуру под микроскопом и степень окисления 20% эмульсии соевого масла во время хранения. Результаты показали, что псиллиум может служить потенциальным эмульгатором для получения стабильных пищевых эмульсий типа «масло в воде» с уменьшенным размером капель и поверхностным натяжением, а также повышенной реологической и окислительной стабильностью [92].

Представленные свойства шелухи псиллиума могут быть представлять интерес при создании напитков на молочной основе. Способность псиллиума увеличивать вязкость и образовывать прочный межфазный слой вокруг капель масла значительно повышает стабильность эмульсии. Однако эффективность псиллиума в качестве эмульгатора «масло в воде» может варьироваться в зависимости от содержания в нем растворимой клетчатки, молекулярной и химической структуры, а также общего отрицательного заряда. Что требует изучения на конкретных пищевых системах на молочной основе [93].

Ряд исследований показали возможность использования псиллиума как заменителя глютена [94, 95]. Спрос на безглютеновую диету связан как невозможностью употребления глютена у больных с целиакией, так и некоторыми подходами в современной диетотерапии. Белки, полученные не из злаковых, в том числе молочный белок, могут служить заменителями глютена, обеспечивая

вязкоупругую структуру теста, желаемую текстуру и стабильность при хранении, необходимые для выпечки и лапши. Псиллиум в концентрации 2% смог улучшить физические свойства теста. Результаты другого исследования также показали, что 0,5% и 1% псиллиума могут улучшить клейкость теста из муки твердых сортов пшеницы со слабой клейковиной. При 1% псиллиум смог улучшить растяжимость теста в экспериментальных условиях. Результаты исследований показали возможную роль псиллиума в качестве заменителя глютена. Кисели и киселеподобные напитки, как продукты безглютеновой диеты, также могут в рецептурном составе иметь псиллиум для повышения органолептических свойств.

Модификация молекулярной и химической структуры псиллиума может изменить или улучшить физико-химические, функциональные и биологические свойства. При создании сложных пищевых систем, данные изменения позволяют управлять не только дозой псиллиума, но и позволят управлять частично отдельными свойствами. В настоящий момент описаны химические, ферментативные и физические методы изменения псиллиума.

Частичный гидролиз, как химический метод модификации, используется для изменения молекулярной структуры псиллиума с целью снижения гелеобразующей и водопоглощающей способности псиллиума[96]. Обработка псиллиума раствором кислоты HCl в этаноле в концентрациях 0,36–4,50% в течение 1–5 дней при комнатной температуре снизила плотность и адгезивность гелей шелухи псиллиума. Данный метод обработки кислотой также уменьшил способность к набуханию и способность шелухи псиллиума связывать желчные кислоты. Объективная причина этих изменений в уменьшении молекулярного размера или молекулярной массы полисахаридов посредством частичного гидролиза основной цепи полисахарида.

Сульфатирование способно изменять структуру поверхности псиллиума и увеличивать способность поглощать воду за счет создания дополнительных небольших ответвлений в молекулы полисахарида. Liu и Niu с соавторами проводили сульфатирование псиллиума путем химической реакции между шелухой псиллиума и SO₃-пиридином в диметилформамиде. Сульфатирование

незначительно уменьшило или вообще не оказало никакого влияния на объем набухания псиллиума, снизило способность к гелеобразованию и вязкость раствора псиллиума. При этом был получен дополнительный биологический эффект: увеличение способности псиллиума связываться с желчными кислотами, особенно с холевой и хенодезоксихолевой кислотами. Данное свойство псиллиума ассоциировано с возможностью снижения уровня холестерина. Таким образом, введение небольших отрицательно заряженных ветвей в молекулы псиллиума является возможным подходом к улучшению физико-химических и функциональных свойств псиллиума без снижения его полезного для здоровья потенциала [97, 98].

Введение гидроксипропильных групп в молекулы шелухи псиллиума отрицательное влияние на гелеобразующую способность псиллиума. В эксперименте гидроксипропилированный псиллиум с содержанием гидроксипропила 6,33%, 10,47%, 12,63% и 15,26%, полученный путем изменения концентрации щелочи и молярного соотношения пропиленоксида, демонстрировал двойственную природу. Более низкий уровень содержания гидроксипропила увеличивал объем набухания, тогда как более высокая степень гидроксипропилирования значительно снижала способность набухания в зависимости от дозы. Авторы отмечали, что гидроксипропилирование не увеличивало способность псиллиума поглощать воду. Введение гидроксипропильных групп в молекулы шелухи псиллиума может быть применено для улучшения функциональных возможностей псиллиума и повышения полезных свойств [97].

Физическое воздействие на псиллиум также изучалось рядом ученых. В частности применялось гамма-излучение на шелуху псиллиума. Водо и щелочерастворимые гелевые фракции псиллиума обрабатывались гамма-излучателем Co-60 5, 15, 25 и 50 кГр при комнатной температуре. С увеличением экспозиции гамма-облучения увеличивалась растворимость в воде как шелухи псиллиума, так щелочерастворимой фракции. При дозе от 10 кГр гамма-облучение увеличивало низкомолекулярную водную фракцию псиллиума и уменьшало

высокомолекулярную фракцию, что связано с разрешением крупных молекул псиллиума. С увеличением дозы облучения уменьшалась способность псиллиума к набуханию, снижалась прочность геля и связывающая способность с желчной кислотой и глюкозой. Таким образом, гамма-излучение может изменить функциональные свойства компонентов псиллиума, снизить тропность к связыванию с желчными кислотами и глюкозой[99].

Пищевые волокна псиллиума представляют собой гетерогенный комплекс, включающий три функциональные фракции, содержащие как растворимые, так и нерастворимые компоненты. Совокупность указанных фракций обуславливает выраженное физиологическое и лечебно-профилактическое действие при обменных нарушениях, метаболическом синдроме, а также при различных нарушениях функций желудочно-кишечного тракта. Наибольшую долю в составе пищевых волокон псиллиума (около 55%) образует фракция, обладающая высокой водосвязывающей способностью и способная к образованию вязкого гелеобразного субстрата, который частично подвергается ферментации под действием кишечной микрофлоры. Нерастворимая фракция составляет около 30 % от общего содержания пищевых волокон и характеризуется устойчивостью к бактериальной ферментации. Основная физиологическая роль данной фракции заключается в увеличении объема кишечных масс и нормализации моторной активности и перистальтики кишечника. Оставшаяся часть пищевых волокон (около 15%) представлена ферментируемой фракцией, выполняющей пребиотическую функцию и служащей питательной средой для симбиотической микрофлоры кишечника. Кроме того, данная фракция способствует замедлению эвакуации пищевого комка из желудка в кишечник, что приводит к пролонгированию постпрандиального эффекта и более длительному ощущению насыщения [100, 101].

Подтвержденный факт содержания в псиллиуме пищевых волокон в большом количестве представляет научный и практический, в том числе в технологическом плане. Большую часть пищевых волокон псиллиума, являясь нерастворимыми в воде, обеспечивают структурирование жидких пищевых систем.

Следовательно, используя псиллиум в рецептурах для желирования напитков на молочной основе можно одновременно достичь их обогащения пищевыми волокнами [102].

Однако из-за чрезвычайно сильных водопоглощающей и желирующей способностей шелухи псиллиума в пищевые системы из-за присутствия в образце крупных по размеру частиц шелухи может негативно влиять на текстуру и микроструктуру получаемой пищевой системы. Отрицательное влияние гидроколлоидов псиллиума на органолептику молочных продуктов можно будет минимизировать, предусмотрев применение более узких фракций псиллиума и подобрав под него молочную основу, способную обеспечить полноценный вкус и однородную консистенцию изделия. Это позволит расширить область его применения при разработке молочных продуктов, в том числе и для производства молочных десертов с длительным сроком годности [103, 104].

Псиллиум и растворимая клетчатка может снизить усвоение кальция из пищи, включая молоко и молочные продукты. Однако исследования показывают, что этот эффект минимален при соблюдении терапевтических доз приема псиллиума. Гелеобразующие свойства псиллиума могут влиять на скорость усвоения кальция, но общее усвоенное количество кальция изменяется незначительно. Польза псиллиума для здоровья часто перевешивает данный эффект, особенно в случаях, когда псиллиум употребляется как часть сбалансированной диеты [105].

Шелуха семян подорожника обеспечивает значительные питательные, функциональные и оздоровительные преимущества, что делает ее универсальным ингредиентом в пищевой промышленности и эффективным средством для переработки отходов. Высокое содержание растворимой клетчатки поддерживает здоровье пищеварительной системы, помогает контролировать уровень холестерина и сахара в крови, а также повышает качество пищевых продуктов. Кроме того, способность псиллиума действовать как естественный адсорбент подчеркивает его полезность [106–108].

Принимая во внимания положительные биологические свойства псиллиума, стоит отметить перспективные свойства для структурообразователя сложных пищевых систем на молочной основе. Псиллиум очевидно может выступать стабилизатором, эмульгатором при создании новых пищевых систем. Существенно влияние псиллиума на органолептические свойства продукта, возможность включения как хлебобулочные, мясные продукты, так и в напитки. Научный интерес к псиллиуму только увеличивается, потенциал применения еще полностью не раскрыт.

1.5 Свойства пектина и его использование в молочных системах

Пектин (от греч. *pektos* – свернувшийся, замерзший) – относится к группе природных полисахаридов и получают его преимущественно методом гидролитико-экстракционного выделения из вторичных растительных сырьевых ресурсов. Благодаря выраженным сорбционным и гелеобразующим свойствам пектины нашли широкое применение в пищевой промышленности, в том числе в качестве структурообразователей и функциональных ингредиентов. Пектиновые вещества входят в состав практически всех растений, и выполняют широкий спектр физиологической активности. Пектины могут выделяться и непищевых растений для дальнейшего использования фармацевтической отрасли, и из пищевых растений как важным компонентом рациона человека. Пищевой пектин является важным источником «пищевых волокон» как обязательный компонент ежедневного рациона человека[109].

В состав пектиновых веществ входит нерастворимый протопектин, растворимые пектиновые полисахариды и сопутствующие им галактаны, арабинаны и арабиногалактаны. Пектиновые полисахариды, являясь гликаногалактуронами, главная углеводная цепь которых составляет 1,4-связанные остатки α -D-галактопиранози луроновой кислоты (рисунок 1.2) где Me – метил или ион металла. Пектины включают в себя как составляющие компоненты нерастворимого протопектина, так и растворимые полисахариды соков растений[110, 111].

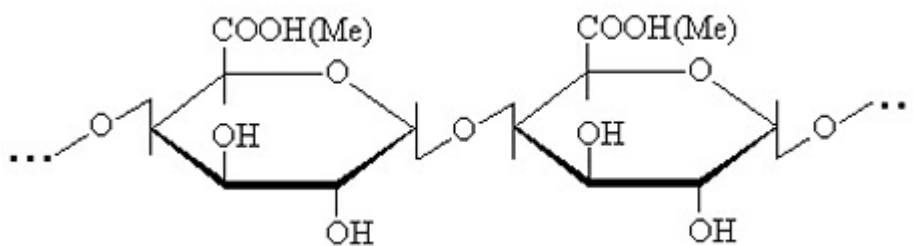


Рисунок 1.2 – Структура пектиновых полисахаридов.

Единой классификации пектинов нет, так как его получают из широкого спектра сырья. Монокомпонентные пектины, выделяемые из одного вида растительного сырья, условно относят к группе классических пектинов. К данной категории относят цитрусовые, яблочные, свекловичные пектины, а также пектины из соцветий-корзинок подсолнечника, виноградных выжимок и других растительных источников. В пищевом производстве применяют и специальные смеси пектинов, например, цитрусово-яблочные. Однако, значимой классификацией всех групп пектинов является выделение в группы по степени этерификации (таблица 1.8).

Таблица 1.8 – Классификация пектинов по степени этерификации

ПЕКТИНЫ		
<i>Низкоэтерифицированный</i>	<i>Высокоэтерифицированный</i>	<i>Амидированный</i>
пектин (NH или LM) образует желе в зависимости от кислотности ягод или количества сахара. Для образования желе ему необходимы ионы кальция. Это группа пектинов, которая работает с молочными продуктами, например, пектин FX58. Такие пектины работают в смесях с низким содержанием сухих веществ вроде сахара.	пектин (ВЭ или НМ) образует устойчивое желе при высокой кислотности смеси, низком уровне её pH (кислотном, ниже 5,5) и при высоком содержании сахара или других сухих веществ. Такой пектин быстрее растворяется в воде и быстрее желирует смеси. Это самый обычный пектин, который чаще всего можно встретить в кондитерском разделе супермаркета, а также в составе промышленного зефира, пастилы и мармелада.	пектин (LMA, ii) — это низкоэтерифицированный пектин, особый вид пектина, который используют в широком диапазоне продуктов. Амидированные пектины образуют желе при небольшом содержании кальция, в смесях с нейтральным уровнем pH — около 7. Его часто используют для производства фруктовых начинок для йогуртов и термостабильных начинок. Желе на амидированном

Карбоксильные группы молекулы пектина могут быть свободными или естественным образом замещены (этерифицированы) метанолом. В случае, если соотношение метоксилированных и свободных карбоксильных групп превышает 50 %, то такие пектины являются высокоэтерифицированными. Если степень этерификации меньше 50 %, пектины относят к группе низкоэтерифицированных. В дополнение к метоксильным и карбоксильным группам, молекула пектина может включать некоторые другие функциональные группы, как ацетильными и амидными. НЭ-пектины, способные к образованию студнеобразных структур в присутствии ионов кальция вне зависимости от массовой доли сухих веществ в системе, получают путём контролируемой деэтерификации высокоэтерифицированных пектинов с использованием кислотных или щелочных реагентов. В случае применения аммиака в процессе деэтерификации в структуре пектиновой макромолекулы формируются амидные группы; такие пектины относят к амидированным. Амидированные пектины обладают способностью к студнеобразованию исключительно в присутствии ионов кальция, в связи с чем их выделяют в самостоятельную группу пектиновых веществ [112–114].

Функционально-технологические свойства пектина в значительной степени определяются степенью его этерификации. При этом механизмы гелеобразования у высокоэтерифицированных (ВЭ) и низкоэтерифицированных (НЭ) пектинов принципиально различаются. Двухвалентные катионы кальция являются обязательным условием формирования студенистой структуры с НЭ-пектинами и при невысоком содержании сахаров в системе менее 50 %. Это свойство обуславливает их широкое применение при стабилизации низкосахаристых и диетических пищевых продуктов. ВЭ-пектины, напротив, используются преимущественно для структурирования и стабилизации напитков и пищевых систем с высокой сахарной ёмкостью.

Пектин обладает выраженными свойствами для гидрофильных коллоидов. При создании необходимых условий пектин способен к самоассоциации молекул, приводящей к образованию геля. В научной литературе широко представлены свойства пектина в качестве загустителя, стабилизатора и желирующего агента в различных продуктах. Процесс студнеобразования пектина основан на ассоциации макромолекулярных цепей с формированием пространственной трёхмерной сетки, в которой отдельные участки цепей сближаются с определённой регулярностью. Стабилизирующие и реологические характеристики пектиновых гелей зависят от совокупности факторов, включая активную кислотность среды, концентрацию ионов кальция и массовую долю пектина в составе пищевой матрицы [115, 116].

Молочные белки существенно усиливают желирующие свойства пектина при взаимодействии. Ключевым механизмом взаимодействия служит тот факт, что пектин вступает во взаимодействие с основным белком молока — казеином, препятствуя его коагуляции при значениях pH ниже изоэлектрической точки и повышая термическую устойчивость белковой системы. Это позволяет применять режимы высокотемпературной пастеризации при производстве кисломолочных продуктов с целью увеличения сроков их хранения. При отсутствии пектина в составе молочной системы происходит агрегация белков, сопровождающаяся образованием зернистой структуры и усилением процесса синерезиса.

Важным аспектом использования пектина при создании напитков на молочной и сывороточной основе является его способность к устойчивому комплексообразованию. Данный процесс обусловлен взаимодействием функциональных групп пектина (прежде всего карбоксильных) с ионами металлов, что приводит к формированию устойчивых ионно-связанных сывороточно-пектиновых гелей. Связывание ионов кальция и магния, присутствующих в молочной сыворотке, способствует развитию пространственной структуры геля. Экспериментальные исследования А.В. Крупина показали, что снижение концентрации ионов кальция и магния в сывороточно-пектиновой системе сопровождается увеличением прочности геля, подчёркивая факт того, что вклад кальция в данный процесс является преобладающим. Указанную закономерность

необходимо учитывать при проектировании рецептур и прогнозировании процессов, влияющих на реологические свойства пищевой системы [117].

В молочной промышленности научный интерес представляет обратная способность пектина быть как стабилизатором, так и дестабилизатором молочной матрицы. Дестабилизирующее свойство пектина, описанное авторами А. Н. Федосова, М. В. Каледина, В. П. Витковская и др., позволяет добиться разделение молока на две однородные фракции без признаков коагуляции: сывороточно-полисахаридную (СПФ) и белковую, а при использовании жиросодержащего молочного сырья - белково-липидную фракцию (БЛФ). Обе фракции обладают высокой биологической ценностью и являются прекрасной основой для разработки функциональных продуктов.

В рамках экспериментов продемонстрированы свойства пектина в узкой зоне концентрации 0,6-0,8% от массы сырья в пересчете на сухой пектин [113]. Данный эффект возможен при создании специальных условий: введение в виде водного раствора с целью равномерного распределения в массе молока при перемешивании и фракционирования в стационарном режиме. В случае непрерывного перемешивания оно не наблюдается и процесс обратим.

Исследования О.В. Скапец продемонстрировали оптимальное включение пектина с хитозаном на примере математической модели. Оптимальная массовая доля пектина была на уровне 0,43%. Экспериментальная проверка дозировок подтвердила эффективность разделений фракций при данных значениях [118].

При выборе конкретного вида пектина следует учитывать тип целевого продукта, особенности рецептурного состава, а также значения pH среды. Одним из ключевых технологических этапов при производстве функциональных пищевых продуктов с использованием пектина является его предварительное растворение, при котором необходимо предотвращать образование труднорастворимых агломератов. Сухие пектиновые препараты, как и другие гелеобразующие добавки, плохо растворяются в средах с высокой концентрацией сухих веществ. В связи с этим ВЭ-пектин рекомендуется растворять в воде с массовой долей сухих веществ не более 20 %. Наиболее эффективным способом гидратации и растворения

пектина является использование высокоскоростного перемешивания в сочетании с оптимальными температурными режимами [119].

Пектины широко применяются в качестве функциональных добавок при производстве молочных продуктов, включая продукты детского питания, для которых, как правило, используют классический цитрусовый пектин. С применением пектинов выпускается широкий ассортимент молочной продукции, который условно можно подразделить на следующие группы: кисломолочные напитки и сметанные продукты; напитки прямого подкисления, в том числе с добавлением фруктовых соков, изготовленные на основе молока, молочной сыворотки или кисломолочной основы; термизированные молочные продукты длительного хранения; комбинированные масла [120].

Пектин широко применяется в производстве напитков зарубежом. Пектиновые вещества обладают выраженными сенсорными свойствами, такими как увеличение вязкости, улучшение структуры, придают дополнительную полноту вкуса напитка. Технологически – обеспечивают дополнительную стабилизацию коллоидной системы напитка. Кисломолочные напитки – йогуртовый, кефирный, сметанный продукт также может включать пектин. Они имеют увеличенные сроки хранения и дополнительные функциональные свойства. Сочетание псиллиума и пектина имеет синергетический эффект при включении в структуру молочного напитка. Производство таких напитков с пектином очень актуально [121, 122].

Суммируя вышесказанное, использование пектинов в технологии пищевых продуктов открывает значительные перспективы для разработки новых видов функционального питания благодаря их многофункциональным технологическим свойствам и положительному физиологическому воздействию на здоровье человека [123].

1.6. Современное состояние рынка продуктов с МГО на молочной основе

В настоящий момент орехи и сырье, получаемое из орехов, имеют широкое применение в пищевой промышленности, в том числе в составе напитков и растительных заменителей молока. Последние приобрели высокую популярность

как компонент здорового питания или в случае невозможности употреблять молочные продукты в пищу [124].

МГО представлена на российском рынке как отдельный пищевой продукт. Интернет магазины по состоянию на 15.06.2025, как Wildberries, ozon.ru и яндекс, указывают 26 производителей муки и жмыха грецкого ореха в разной фасовке от 0,1 до 5 кг. Производители производят муку разного помола (мелкий, средний и крупный) и сортов, что определяется технологическими возможностями и неоднородностью сырья. Потенциально данный продукт предлагается употреблять в пищу в качестве добавки до 2-3 столовых ложек (25-30 гр.).

При все доступности грецкого ореха, как пищевого продукта, мука из грецкого ореха недостаточно широко представлена в пищевой промышленности. Анализ научно-технической литературы и практики промышленного применения показывает, что наибольшая степень внедрения МГО наблюдается в технологиях хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, где данный ингредиент используется преимущественно с целью повышения органолептических характеристик и биологической ценности готовой продукции. В отечественных и зарубежных источниках описаны технологические решения по производству хлебобулочных изделий на основе пшеничной и ржаной муки с частичной заменой основного сырья МГО; соответствующая продукция широко представлена на рынке Российской Федерации.[125].

На российском продовольственном рынке также известны технологии применения МГО, как компонент, при производстве ацидофильных кисломолочных продуктов, характеризующихся улучшенными органолептическими показателями и расширенным функциональным профилем [126]. Однако, подобные разработки не представлены широко для потребителей.

В ряде работ приведены рецептуры и технологические подходы к использованию концентрата ядра грецкого ореха в составе начинок для вафельных изделий, обеспечивающих обогащение продукта незаменимыми аминокислотами,

полисахаридами и полиненасыщенными жирными кислотами. Кроме того, внежрены в производство рецептуры затяжного печенья с включением МГО, отличающегося высоким уровнем протеинов и микронутриентов, в том числе железа, магния, калия, меди и фосфора.

Вместе с тем сегмент безалкогольных напитков с высоким содержанием углеводов характеризуется чрезвычайно широким ассортиментом и продолжает демонстрировать устойчивый рост как на российском, так и на мировом рынке, оказывая неблагоприятное влияние на структуру питания населения (рисунок 1.3). В условиях сложившихся тенденций альтернативой потребления высокосахаристых напитков является развитие и популяризация напитков с пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов либо с их полным исключением. Современные рецептурные решения в данной категории предусматривают использование широкого спектра витаминных добавок, фруктового и овощного сырья (в том числе свёклы и сельдерея), экстрактов ягод и лекарственных растений, пищевых волокон, а также различных ароматизаторов и подсластителей. Однако, доля таких напитков на рынке составляет менее 1%.

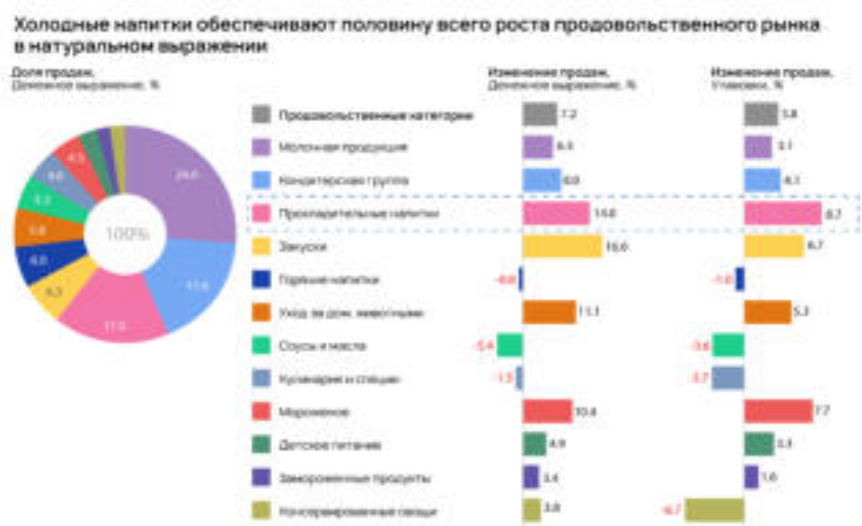


Рисунок 1.3 – Тренды безалкогольных напитков [127].

В частности, инстантные напитки из сухих смесей представлены на рынке. Номенклатура таких напитков включает кофе и кофейные напитки, какао, кисели, смузи, коктейли и прочее. Однако, включение в состав компонентов грецкого ореха

для изготовления напитка из сухой смеси представлено только одним наименованием: грецкий раф без сахара "Eleo". В состав которого входит: *заменитель сухого молочного продукта (кукурузный сироп, кокосовое масло, казеинат натрия, калия фосфаты), мука из ореха грецкого, цикорий, ванилин (ароматизатор идентичный натуральному)* [128]. Если рассмотреть возможность купить пакетированный готовый напиток, то на рынке доступен - Ореховый Напиток Borges Natura Грецкий Орех 1л., в составе которого включено 5% грецкого ореха [129].

Доля киселей, содержащих продукты переработки молока и его компоненты, в общем объёме продаж безалкогольных напитков остаётся крайне незначительной и не превышает 1 %. На отечественном рынке основным производителем данной категории продукции является предприятие, выпускающее кисели под торговой маркой «Золотое утро», ассортимент которого представлен тремя наименованиями. Все виды быстрорастворимых киселей на молочной основе характеризуются идентичным рецептурным составом, включающим *белый сахар, сухое цельное молоко, картофельный крахмал, сухой клубничный сок, пищевую соль*, а также комплекс пищевых добавок, в том числе загустители (мальтодекстрин, модифицированный картофельный крахмал), ароматизаторы и пищевые красители.

Анализ ассортимента быстрорастворимых молочных киселей, представленных на российском рынке, показывает практически полное отсутствие в их составе орехового сырья и продуктов его переработки. Исключение составляет продукция производителя «АлтайПлод» — кисель «Клубничное настроение», содержащий кедровые орехи и экстракт стевии. Данный продукт не включает добавленный сахар, однако его рецептура основана на использовании крахмала в качестве основного структурообразующего компонента и дополнена сушёной измельчённой клубникой, мукой кедрового ореха, экстрактом стевии, подсластителем MultiDex Sun Premium и яблочным пектином.

В настоящее время ассортимент сухих молочных киселей на рынке Российской Федерации остаётся крайне ограниченным при наличии устойчивого потребительского спроса на данный вид продукции. Особо следует отметить

дефицит сухих киселей, не содержащих сахар и другие источники «быстрых» углеводов. Сегмент так называемых «несладких киселей» с выраженными и привлекательными вкусоароматическими характеристиками на рынке фактически отсутствует. Поиск киселеобразных напитков с использованием МГО в зарубежных источниках и рынках не привел к положительному результату.

Другие виды орехов также включаются в рецептуру молочно-растительных напитков. Экстракт фундука использовался в качестве орехового компонента и прошел оценку органолептических свойств [130]. Подобные напитки также являются редкими на рынке и имеют ограничения доступности для населения.

Проведённый анализ ассортимента безалкогольных напитков свидетельствует о низком уровне обеспеченности населения продуктами с пониженной энергетической ценностью и оптимизированным соотношением макро- и микронутриентов. Орехи и продукты их переработки крайне ограниченно представлены в номенклатуре напитков, а киселеобразные напитки на молочной основе с добавлением ореховой муки и пищевых волокон не выявлены ни на российском рынке, ни в зарубежных источниках. Результаты проведенного поиска и оценки состояния рынка подтверждают актуальность и целесообразность разработки новых рецептур и технологий промышленного производства функциональных пищевых продуктов, включая напитки с улучшенными потребительскими свойствами и возможностью использования муки грецкого ореха в качестве биологически ценного ингредиента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ

В данном литературном обзоре были рассмотрены актуальность и практическая значимость создания поликомпонентных продуктов с низким гликемическим индексом на молочной основе. Исследование молочной основы, ее реологических свойств в условиях взаимодействия с натуральными растительными компонентами под воздействием различных процессов, таких как нагревание, охлаждение и механическая обработка представляет научный интерес. Молочная матрица имеет широкую вариативность взаимодействия с функциональными компонентами, такими как орехоплодная мука, псиллиум, пектины. Выявление

данных закономерностей несет потенциальные возможности для создания новых пищевых систем с улучшенной пищевой ценностью.

Отечественные и зарубежные исследования показывают перспективность включения ореховой муки, в частности МГО, как потенциального компонента продуктов нового поколения. Уникальные органолептические и физико-химические свойства уже нашли промышленное применение в хлебобулочном и кондитерском производстве, но крайне ограничены в производстве напитков. Биологические свойства, микро и макронутриентный состав МГО позволяет разнообразить рацион как здоровых людей, так и находящихся на специальной диетотерапии.

В настоящий момент актуализируются научные и практические данные о применении псиллиума как перспективного структурообразователя пищевых систем. Научные эксперименты показывают возможности применения шелухи псиллиума в качестве гелеобразующего, стабилизирующего компонента.

Выявлено, что сложные пищевые системы на молочной основе, с включением МГО, псиллиума и пектина имеют ряд особенностей при взаимодействии и требуют изучения. В то же время, обнаружена крайне высокая зависимость объема включения каждого из компонентов в пищевую систему. Данные закономерности требуют изучения и значимо влияют на органолептические свойства готового продукта, и как следствие, на потребительскую привлекательность.

Обзор выявил недостаток данных в отечественных источниках о применении МГО и псиллиума в молочной промышленности. Полученные результаты и выявленные новые малоизученные данные подчеркивают необходимость дальнейших исследований в области поликомпонентных пищевых систем, что, в свою очередь, позволит разработать рецептуру новых киселеобразных напитков на молочной основе без добавления сахара, при этом обладающих привлекательными потребительскими свойствами. В частности, номенклатуру молочных киселей с включением ореховой муки.

ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Теоретические и экспериментальные исследования были выполнены в научно-исследовательских лабораториях ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (лаборатория биохимии молока и молочных продуктов, лаборатория технохимического контроля ИЛ «МОЛОКО», лаборатория прикладной микробиологии и геномики микроорганизмов). На рисунке 2.1. приведена схема проведения исследований.

2.1 Объекты исследований

Объектами исследования являлись модельные системы «молоко-пектин-МГО» с различными концентрациями пектина и МГО.

Для приготовления и изучения модельных систем «молоко-пектин-МГО» использовали:

- молоко сухое обезжиренное (ОАО «Молвест», Россия);
- молоко топленое «Станция Молочная» (АО «Верховский молочно-консервный завод», Россия);
- обезжиренная мука грецкого ореха с массовой долей белка 15,0 %, массовой долей жира 18,0 %, массовой долей углеводов 3,0 %) (промышленная компания «Народная Здрава», Россия);
- низкоэтерифицированный амидированный пектин марки APC201Y со степенью этерификации (27 ± 3) %, степенью амидирования (22 ± 3) % («DSM Andre Pectin», Китай);
- псиллиум (отруби из семян подорожника) (ООО «ОРГТИУМ ПЛЮС», Россия);
- натрий гидроокись 0,1Н (ЗАО «Уралхиминвест», Россия);
- спиртовой раствор фенолфталеина с массовой концентрацией 10 г/дм³.

Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 5867-90, массовой доли белка методом Кьельдаля по ГОСТ 23327-98, определение массовой доли сухих веществ по ГОСТ Р 54668-2011, определение массовой доли углеводов по ГОСТ Р 54667-2011.

2.2 Методы исследований

При выполнении работы применялись стандартизованные методы, используемые при контроле физико-химических и органолептических характеристик молока и молочной продукции.

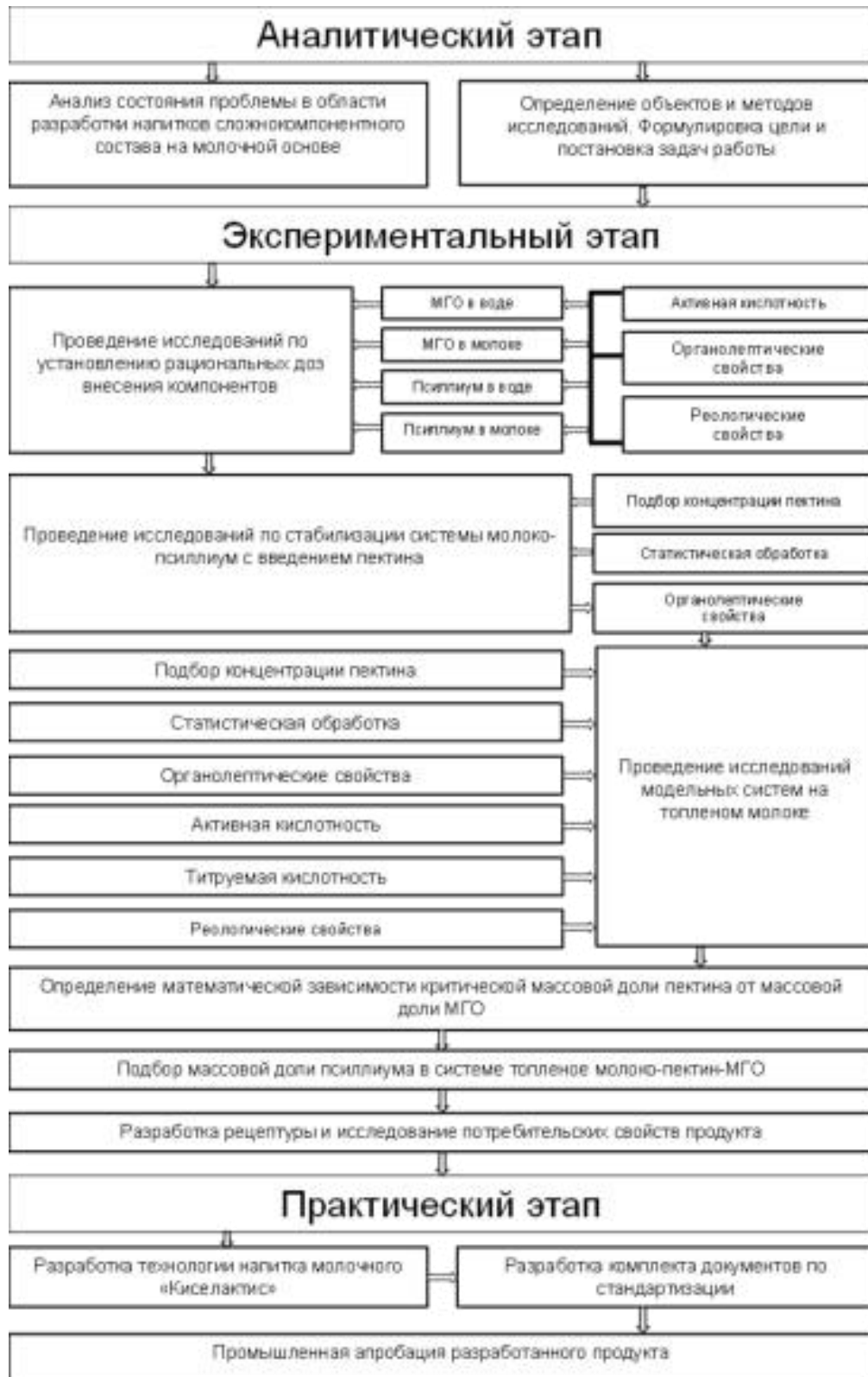


Рисунок 2.1 – Схема проведения исследований

Активную кислотность определяли потенциометрическим методом с помощью pH-метра inoLab pH/Cond Level 1 (Wissenschaftlich - Technische Werkstätten GmbH (WTW), Германия) с комбинированным стеклянным электродом WTW SenTix 81 согласно ГОСТ 32892-2014.

Титруемую кислотность в модельных системах определяли методом с применением индикатора фенолфталеина по ГОСТ 3624-92 с коэффициентом пересчета 10.

Оценку органолептических показателей проводили по ГОСТ ISO 4121-2016 по однополярной интервальной числовой шкале от 0 до 5 баллов по методике условного профилирования.

Динамическую вязкость продукта определяли с применением ротационного вискозиметра Брукфильда DV-II+Pro (Brookfield Engineering Labs Inc., USA) с концентрическими цилиндрами (шпиндель SC4-21) при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Процедура исследования:

Процедура исследования состояла из двух последовательных этапов: приготовление модельных систем и их исследование. Всего было подготовлено 100 модельных систем «молоко-пектин-МГО». Их состав рассчитывали так, чтобы массовая доля топленного молока была 50 %, массовая доля пектина – от 0,1 до 1,0 % с шагом 0,1, массовая доля МГО – от 1,0 до 10,0 % с шагом 1,0. Объем до 100 % доводили дистиллированной водой. Приготовленные модельные системы оставляли на хранение в течение 24 часов при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. Далее определяли их активную и титруемую кислотность и органолептические показатели. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности.

Приготовление модельных систем:

Необходимое количество компонентов отweighивали согласно рецептуре, далее в термостойкий стакан помещали пектин, добавляли по каплям 0,5 мл этилового спирта крепостью 96,0 %об., доливали предварительно нагретую до 60°C дистиллированную воду при непрерывном перемешивании и выдерживали при этой температуре 30 мин на водяной бане Stegler WB-6 (Shanghai Jingke Scientific Instrument Co., Ltd; Китай) при температуре 60°C . Затем раствор пектина

охлаждали до 40 °С и при непрерывном перемешивании добавляли пастеризованное топлёное молоко с такой же температурой. Смесь выдерживали на водяной бане 30 мин при температуре 40 °С. Далее в смесь добавляли заданное рецептурой количество МГО при непрерывном перемешивании до образования гомогенной дисперсной структуры, после чего полученную систему выдерживали 30 мин при температуре 40 °С и охлаждали до комнатной температуры.

Все результаты представлены по данным трех независимых экспериментов. Результаты представляли как среднее значение. Для обработки полученных данных и построения графиков использовали стандартные статистические методы на базе табличного процессора Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation Inc., США) и программного обеспечения TableCurve 3D (Grafiti LLC Headquarters, США).

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Проведение исследований по установлению рациональной дозы внесения муки грецкого ореха в водных растворах

Задачей данного этапа работы являлось определение рациональной концентрации муки грецкого ореха (МГО) в интервале концентраций от 2,5 % до 7,5 %. Проведённый ранее эксперимент по внесению в систему 10,0 % (данная концентрация использована по рекомендации изготовителя) показал, что для разработки продукта по консистенции аналогичного киселю такое количество МГО является избыточным. Консистенция получилась комковатая и слишком густая. Дальнейшие исследования направлены на определение рациональной концентрации МГО в модельной системе.

На первом этапе были исследованы три концентрации ореховой муки: 2,5 (образец 1); 5,0 (образец 2); 7,5 (образец 3) %. Модельные системы готовили следующим образом: к 97,5 граммам воды добавляли вышеуказанное количество муки, перемешивали при комнатной температуре при помощи бытового блендера при максимальной интенсивности в течение 10 минут. Далее смесь (все 3 концентрации одинаково) делили на 2 равные части. Одну часть пастеризовали при температуре 90 °С в течение 5 минут, другую в течение 10 минут для оценки влияния продолжительности обработки на потенциальную растворимость муки. Также была проведена визуальная оценка до термообработки (рисунок 3.1).



Образец 1

Образец 2

Образец 3

Рисунок 3.1 – Модельные системы с ореховой мукой до термообработки и перемешивания

Как видно из рисунка 3.1 независимо от использованной концентрации МГО практически сразу оседает на дно. При этом происходит окрашивание в желтовато-коричневый за счёт присутствия в составе муки β -каротина и хинонов.

На следующем этапе образцы с различной концентрацией ореховой муки были перемешаны (рисунок 3.2). Образец с наименьшей концентрацией муки отличался более светлым цветом.



Образец 1

Образец 2

Образец 3

Рисунок 3.2 – Модельные системы с ореховой мукой до термической обработки, после перемешивания

Все приготовленные смеси представляли из себя неустойчивую суспензию, склонную к медленной седиментации.

Однако, в отличие от образцов без перемешивания видимое формирование осадка начиналось по истечении ~ 15 минут после перемешивания, и в процессе наблюдения за смесями отмечено, что полностью осадок не сформировался. Часть ореховой муки диспергируется из-за содержащихся в ней растительных гидроколлоидов. Также стоит отметить, что образцы с содержанием МГО 5,0 и 7,5 % визуально не сильно отличались по вязкости. Органолептическая оценка образцов показала, что наилучшим из всех по вкусу, запаху был образец с концентрацией муки 5%.

На рисунках 3.3 и 3.4 представлены модельные системы после термообработки в течение 5 и 10 минут, соответственно. Анализ полученных результатов показал, что продолжительность термообработки не оказывает

влияния на текстуру. Как при обработке в течение как 5, так и 10 минут во всех образцах отмечено чёткое расслоение, объем осадка прямо пропорционален концентрации муки. При перемешивании термически обработанных образцов повторное осаждение частиц муки наблюдалось по прохождении 1 минуты.



Образец 1.1



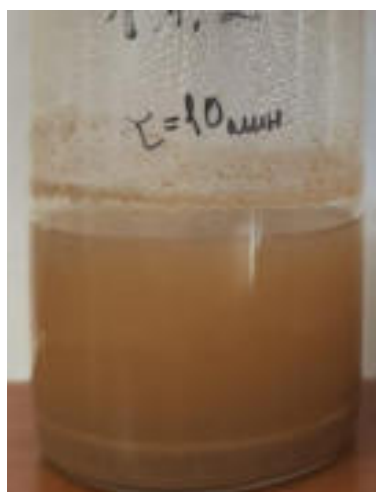
Образец 2.1



Образец 3.1

Рисунок 3.3 – Модельные системы с ореховой мукой после 5мин термообработки

Модельные системы на воде после термообработки имели более светлый оттенок, что может быть связано с частичным разрушением β -каротина и хинона при термической обработке. Причём с увеличением продолжительности термообработки визуально определяемая интенсивность цвета снижалась.



Образец 1.2



Образец 2.2



Образец 3.2

Рисунок 3.4 – Модельные системы с ореховой мукой после 10мин термообработки

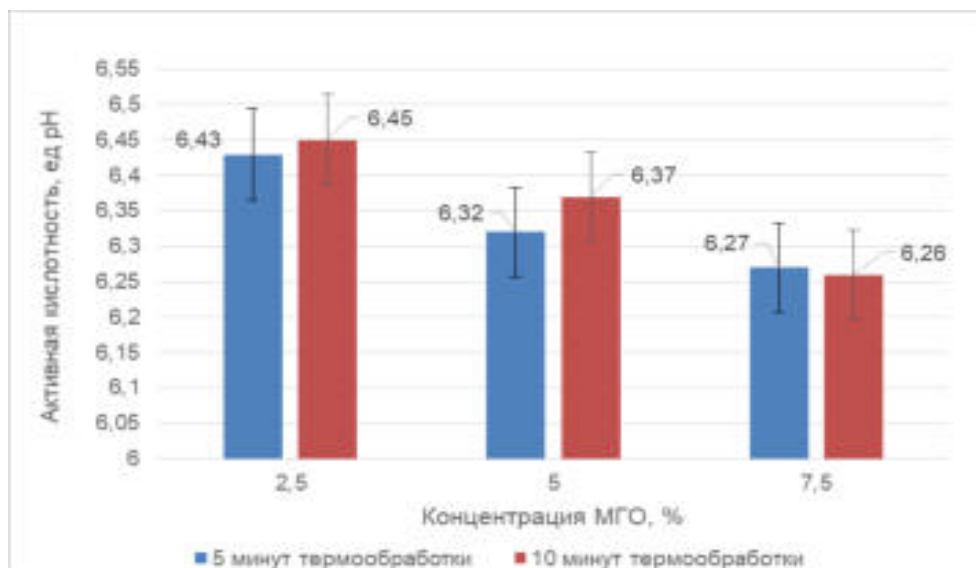


Рисунок 3.5 – Активная кислотность образцов с различной продолжительностью термообработки

Представленные на рисунке 3.5 величины активной кислотности образцов с различной концентрацией МГО при различной продолжительности термообработки. Анализ данных активной кислотности образцов с различной продолжительностью термообработки показал, что как концентрация, так и продолжительность термообработки не оказывают влияния на значение рН системы.

3.2 Проведение исследований по установлению рациональной дозы внесения муки грецкого ореха в молоко

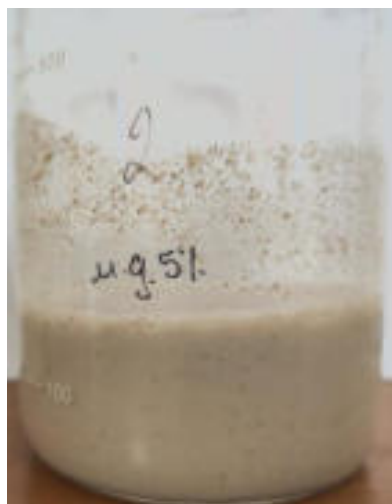
Далее проводились исследования по отработке рациональных концентраций на молочных системах по аналогичному принципу. На рисунке 3.6 представлен внешний вид образцов с различной массовой долей МГО.

Образцы молочных суспензий с различными массовыми долями МГО принимали светло-коричневый цвет, что является следствием перехода в дисперсионную среду модельных систем из муки грецкого ореха β -каротина и хинонов. При этом имела место тенденция, аналогичная представленная на рисунке 3.6. В отличие от модельных систем на воде, седиментация проходила в ~ 2 раза медленнее, это можно объяснить бóльшей плотностью молока по сравнению с водой.

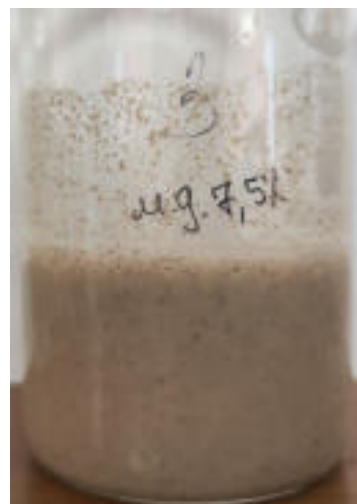
Также как в случае с модельными системами на воде продолжительность термообработки не оказала влияния на органолептические показатели (рисунки 3.7 и 3.8). Исключение составил показатель «цвет», что связано, как и в случае с модельными системами на воде с частичной деструкцией красящих соединений.



Образец 1

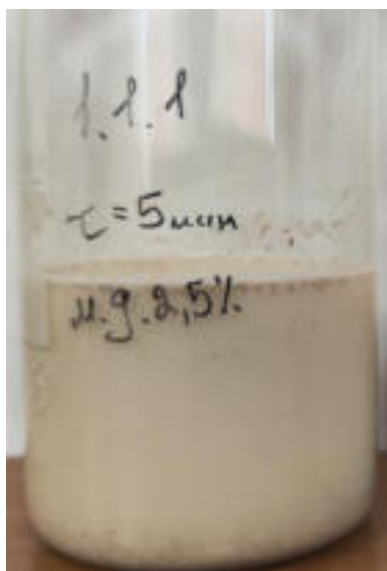


Образец 2

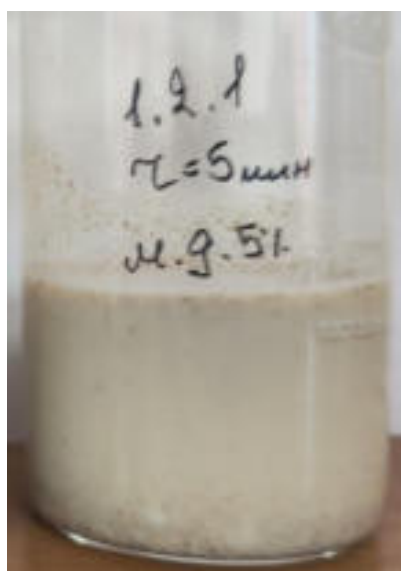


Образец 3

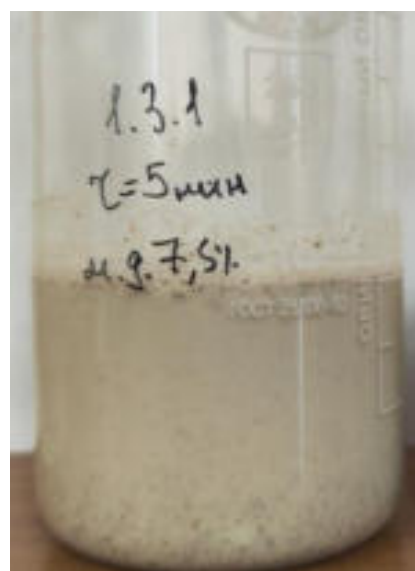
Рисунок 3.6 – Модельные системы на молоке до термообработки



Образец 1.1



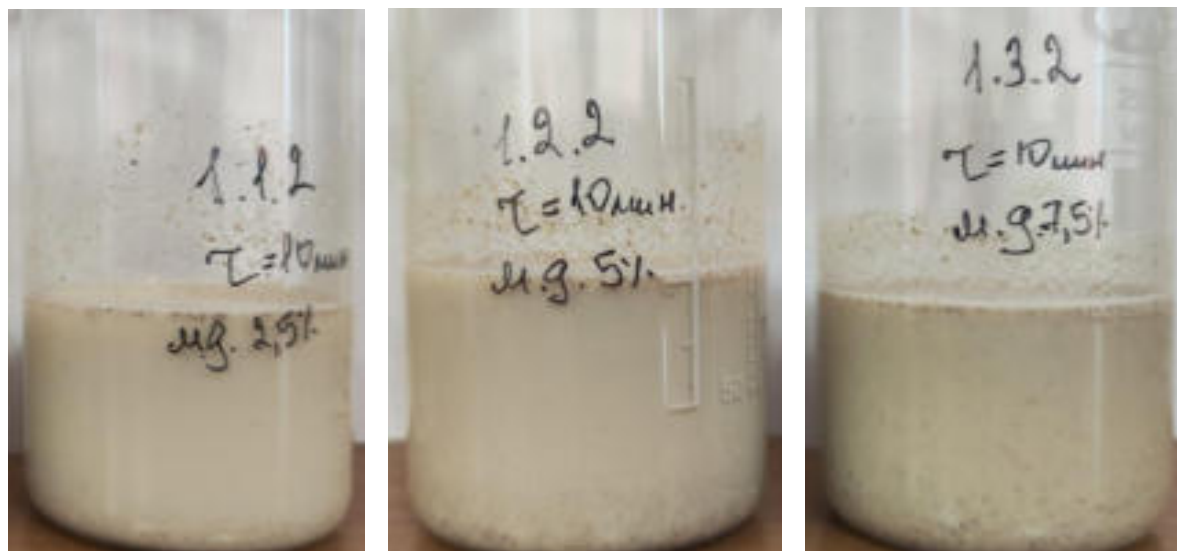
Образец 2.1



Образец 3.1

Рисунок 3.7 – Модельные системы на молоке после 5 мин термообработки

Активная кислотность образцов с максимальным внесением МГО, приготовленных на воде, ниже, чем pH приготовленных на молоке, что может быть связано с высокой буферной ёмкостью молока (рисунок 3.9).



Образец 1.2

Образец 2.2

Образец 3.2

Рисунок 3.8 – Модельные системы на молоке после 10 мин термообработки

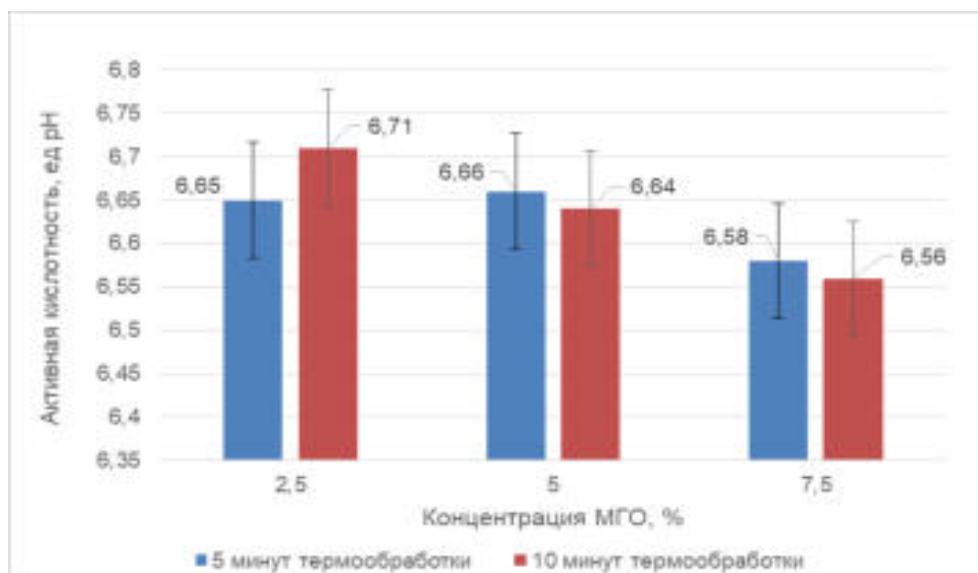


Рисунок 3.9 – Активная кислотность образцов с различной продолжительностью термообработки

По совокупной органолептической оценке, на данном этапе работы наиболее рациональная доза внесения МГО составила 5,0 %.

3.3 Проведение исследований по установлению реологического поведения псиллиума

В рамках экспериментальных исследований была проведена оценка реологических характеристик систем на основе псиллиума в водной среде и в обезжиренном восстановленном молоке. Для этого готовили растворы с массовой долей псиллиума 1 %, при этом предварительно осуществляли диспергирование растительного сырья в воде с последующим введением молочной основы при температуре окружающей среды. После гомогенизации системы подвергали термической обработке в режиме пастеризации при температуре 90 °С в течение 10 минут. Визуальные характеристики полученных образцов до и после теплового воздействия представлены на рисунках 3.10 и 3.11.

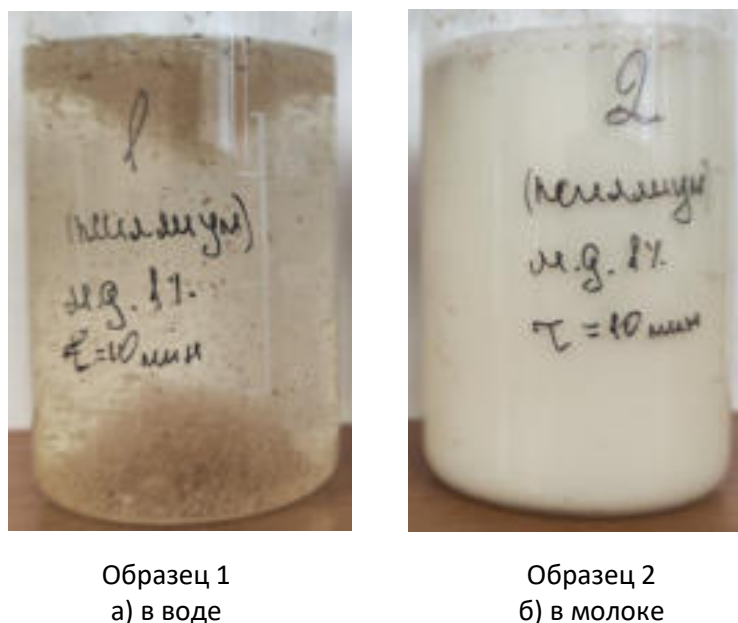
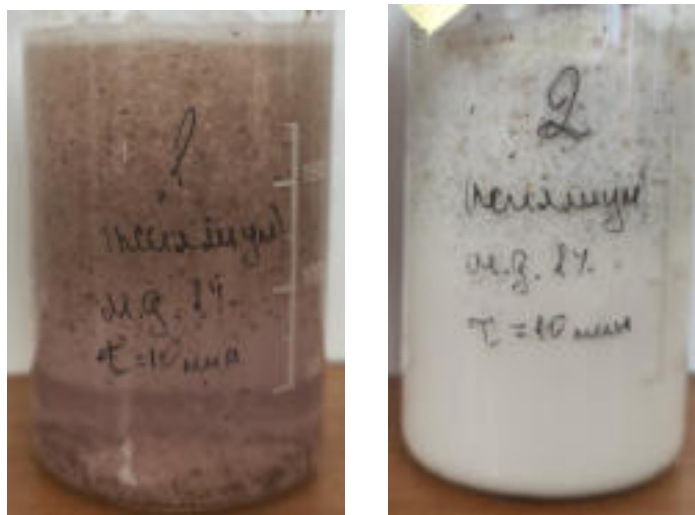


Рисунок 3.10 – Внешний вид растворов псиллиума до термообработки

Установлено, что в водной системе уже на стадии выдерживания при комнатной температуре наблюдается выраженное набухание частиц псиллиума (рисунок 3.10а), что свидетельствует о высокой водосвязывающей способности данного сырья. После проведения термообработки степень набухания существенно возросла, сопровождаясь изменением окраски раствора от бежевого к бежево-розовому оттенку. Вероятной причиной данного явления является термически индуцированное высвобождение антоцианиновых соединений — флавоноидов

растительного происхождения, входящих в состав оболочки семян подорожника. Аналогичных изменений цвета в системе «псиллиум – молоко» зафиксировано не было, что позволяет заключить, что введение псиллиума в концентрациях до 1 % включительно не оказывает существенного влияния на цветовые характеристики готового молочного продукта.



Образец 1
а) в воде

Образец 2
б) в молоке

Рисунок 3.11 – Внешний вид растворов псиллиума после термообработки

При охлаждении водной системы с псиллиумом до температуры окружающей среды отмечалось постепенное формирование гелеобразной структуры. После хранения образцов в условиях холодильника при температуре $4(\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение суток смесь приобретала выраженную плотную студнеобразную консистенцию, при этом наблюдался пристеночный синерезис.

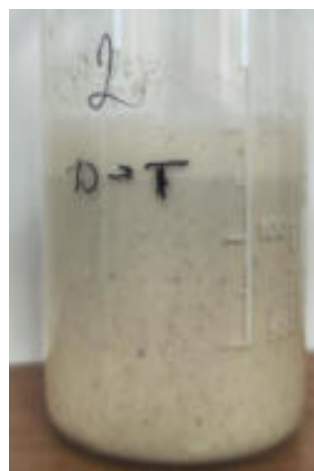
В системе «псиллиум – молоко» были выявлены иные особенности структурообразования. До термической обработки раствор отличался большей однородностью по сравнению с образцом после пастеризации. В термически обработанной системе визуально фиксировались неравномерно распределённые включения частиц псиллиума различного объёма. Данный эффект, вероятно, обусловлен химической природой псиллиума, представляющего собой арабиноксилан, содержащий остатки полигалактуроновой кислоты, чувствительные к присутствию ионов кальция. Учитывая более высокую молекулярную массу псиллиума по сравнению с пектином, а также существенно

большее содержание кальция в молочной среде по сравнению с водной, можно предположить усиление процессов ионного связывания, приводящих к локальной агрегации частиц. По факту вместо требуемой киселеобразной консистенции была получена плотная желеобразная система.

Далее была проведена оценка влияния снижения содержания псиллиума в водных и молочных системах на показатели консистенции. Расчётное содержание псиллиума после разбавления водой составило 0,6 %. Внешний вид разбавленного раствора представлен на рисунке 3.12.



Образец 1



Образец 2

Рисунок 3.12 – Внешний вид растворов псиллиума с м.д. 0,6 % и м.д. МГО 2,5 % без термообработки до термообработки (образец 1) и после (образец 2)



Образец 1



Образец 2

Рисунок 3.13 – Внешний вид растворов псиллиума с м.д. 0,6 % и м.д. МГО 2,5 % без термообработки до термообработки (образец 1) и после (образец 2) после суток холодильного хранения

После суток холодильного хранения внешний вид образцов изменился (рисунок 3.13).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что характер механического воздействия оказывает существенное влияние на реологические и структурно-механические свойства систем, содержащих псиллиум. В связи с этим на последующем этапе исследований была проведена механическая обработка сырья путём его измельчения. Внешний вид порошка псиллиума в измельчённом и исходном состоянии представлен на рисунке 3.14.

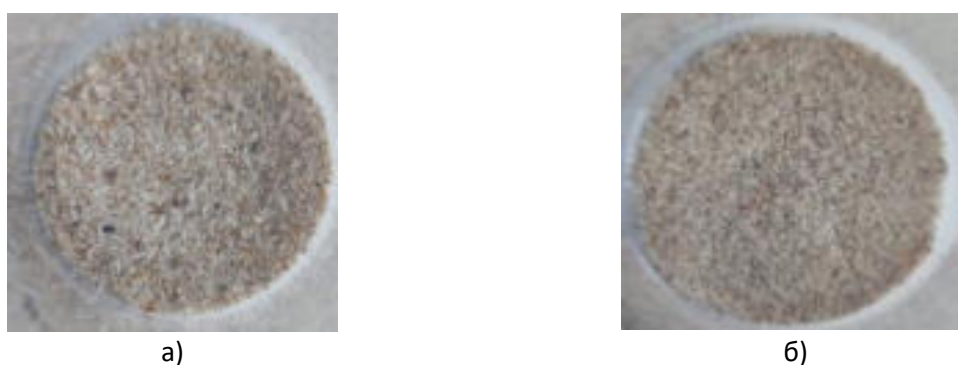


Рисунок 3.14 – Внешний вид а) немолотого и б) молотого псиллиума

Для оценки влияния степени дисперсности на структурообразующую способность псиллиума были приготовлены 1 %-ные водные растворы. На рисунке 3.15 представлены образцы растворов измельчённого и неизмельчённого псиллиума до проведения термической обработки; визуальная оценка осуществлялась через 30 минут после приготовления. Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о том, что степень помола не оказывает выраженного влияния на реологическое поведение растворов псиллиума, поскольку визуально различимые отличия между образцами отсутствовали.



Образец 3



Образец 4

Рисунок 3.15 – Внешний вид водных растворов с массовой долей молотого (образец 3) и немолотого (образец 4) псиллиума 1% до термообработки



Образец 3



Образец 4

Рисунок 3.16 – Внешний вид водных растворов с массовой долей молотого (образец 3) и немолотого (образец 4) псиллиума 1% после термообработки

Аналогичная тенденция сохранялась и после термической обработки растворов (рисунок 3.16): образцы измельчённого и неизмельчённого псиллиума характеризовались сходными внешними признаками.

Вместе с тем по сравнению с термически необработанными системами были зафиксированы определённые изменения: межосадочный гель стал более прозрачным, надосадочная фаза приобрела повышенную плотность, а выраженный осадок практически отсутствовал. Однако при механическом перемешивании термически обработанных образцов суспензия становилась более однородной, демонстрируя при этом интенсивные желирующие свойства, которые в контексте разрабатываемой технологии могут рассматриваться как нежелательные.

3.4 Блокировка кальция в окрестности казеиновых мицелл

Поскольку псиллиум показал нестабильное реологическое поведение в присутствии ионов кальция, было решено использовать низкоэтерифицированный пектин (НЭ) для блокировки мицелл казеина и предотвращения их оседания (таблицы 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1 – Физико-химический состав модельной системы с массовой долей МГО 2,5 %

Наименование компонента	Количество компонента, г	Массовая доля, %						
		Б	Ж	УВ	ПВ	СВ	Ca*	Mg*
Молоко	47,65	1,43	0,02	2,14	0	5,47975	57,18	4,2885
Вода	47,65	0	0	0	0	0,002049	2,04895	0
МГО	2,5	0,38	0,45	0,075	0,1675	2,4	2,45	3,95
Псиллиум	1,0	0,014	0,002	0,024	0,878	0,918	0	0
Пектин	1,2	0	0	0	1,08	1,08	0	0
ИТОГО	100	1,8185	0,478	2,2433	2,126	9,8798	61,679	8,239

* – мг%

После приготовления систем они были оценены по органолептическим показателям. В обоих случаях консистенция была излишне вязкой, что говорит о том, что массовая доля внесённого пектина слишком высока для достижения поставленной цели – формирования киселеобразной консистенции. Поэтому было решено снизить концентрацию пектина в 2 раза (до 0,6 %).

Поскольку эффекта лёгкого, характерного для киселя, гелеобразования при снижении концентрации не наблюдалось, было принято решение приготовить ряд систем и оценить их органолептические и реологические свойства. При этом массовая доля пектина была уменьшена на $\frac{1}{4}$, в 2 и 3 раза (рисунок 3.17).

Таблица 3.2– Физико-химический состав модельной системы с массовой долей МГО 5 %

Наименование компонента	Количество компонента, г	Массовая доля, %						
		Б	Ж	УВ	ПВ	СВ	Ca*	Mg*
Молоко	46,35	1,3905	0,02318	2,08575	0	5,33025	55,62	4,1715
Вода	46,35	0	0	0	0	0,00199	1,99305	0
МГО	5	0,75	0,9	0,15	0,335	4,8	4,9	7,9
Псиллиум	1	0,014	0,002	0,024	0,878	0,918	0	0
Пектин	1,3	0	0	0	1,17	1,17	0	0
ИТОГО	100	2,1545	0,92518	2,25975	2,383	12,2202	62,5131	12,0715

* – мг%



Система 1.1

- а) молоко 95,3 + вода 51,2
- б) пектин 0,6 + вода 51,1
- в) а+б

Система 1.2

- а) молоко 95,3 + вода 51,2
- б) пектин 0,4 + вода 51,1
- в) а+б



Система 2.1

- а) молоко 95,3 + мука 5 + вода 48,6
- б) пектин 0,6 + вода 48,7
- в) а+б

Система 2.2

- а) молоко 95,3 + мука 5 + вода 48,6
- б) пектин 0,4 + вода 48,7
- в) а+б



Система 3.1

- а) молоко 95,3 + мука 5
- б) пектин 0,6 + вода 47,7
- в) псиллиум 2 + вода 48,7
- г) а+б
- д) г+в

Система 3.2

- а) молоко 95,3 + мука 5
- б) пектин 0,4 + вода 47,7
- в) псиллиум 2 + вода 48,7
- г) а+б
- д) г+в

Вязкость:

- 1-4,088 Па*с (молоко+пектин)
- 2-3,564 Па*с (молоко+пектин)
- 1.1 - 0,544 Па*с
- 1.2 - 0,229 Па*с
- 2.1 - 0,564 Па*с
- 2.2 - 0,432 Па*с
- 3.1 - 12,216 Па*с
- 3.2 - 10,056 Па*с

Рисунок 3.17 – Внешний вид модельных систем

В систему 1.1 и 1.2 входил только пектин в концентрации 0,4 и 0,6 % соответственно, в систему 2.1 и 2.2 пектин в концентрации 0,4 и 0,6 % с добавлением 5,0 % МГО, в состав систем 3.1 и 3.2 помимо вышеуказанных концентраций пектина и МГО было добавлено 2,0 г псиллиума. Последние две системы были излишне густыми с нарушенным сгустком, то есть при добавлении

псиллиума произошла коагуляция белка наряду с резким нарастанием вязкости по сравнению с другими модельными системами.

Поскольку введение пектина в состав модельных систем для инактивации катионов поливалентных металлов в системе закономерно приводило к экспоненциальному увеличению динамической вязкости, следствием чего была необходимость установить максимальную концентрацию пектина, при которой влияние на динамическую вязкость было бы минимизировано, равно как и минимизирована желирующая способность псиллиума.

3.5 Подбор пектина для стабилизации системы

Для учёта влияния добавленной муки грецкого ореха, её массовая доля в системе была взята по верхней границе оптимального интервала – 5%. Массовую долю пектина варьировали от 0,1 до 0,9 % с дискретностью 0,1 % (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Состав модельных систем в пересчёте на 100 г

Наименование компонента	Порядковый номер системы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Молоко, г	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Вода дистиллированная, см ³	44,9	44,8	44,7	44,6	44,5	44,4	44,3	44,2	44,1
МГО, г	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Пектин, г	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Визуальная оценка модельных систем показала, что максимальная массовая доля пектина, практически не оказывающая заметного влияния на приращение динамической вязкости, составила 0,2 %.

Следующим этапом исследований стало определение оптимальных массовых долей псиллиума на границах интервала оптимума массовой доли муки ореха грецкого. Для этого при каждой массовой доле муки была изготовлена серия модельных образцов с массовой долей псиллиума от 0 до 0,6 %. Примечательно, что при массовой доле МГО 5 % получение однородной неомкнующейся смеси было возможно при массовой доле псиллиума, не превышающей 0,4 %. Состав модельных систем приведён в таблицах 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 – Состав модельных систем с массовой долей муки грецкого ореха 2,5 %, в пересчёте на 100 г

Наименование компонента	Количество компонента, г						
	1	2	3	4	5	6	7
Молоко	50	50	50	50	50	50	50
Вода дистиллированная	47,3	47,2	47,1	46,9	46,7	46,5	46,3
Мука	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Псиллиум	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Пектин	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Для каждой модельной системы было определено значение динамической вязкости. При максимальном значении массовой доли МГО кинетика демонстрировала экспоненциальный отклик на увеличение массовой доли псиллиума (рисунок 3.18). В то же время при минимальной массовой доле МГО максимальный темп прироста динамической вязкости был на интервале массовых долей псиллиума от 0,3 до 0,75 %. На остальных интервалах вид кинетики значительно отличался от канонического (экспоненциального прироста). Причина этому пока неясна.

Таблица 3.5 – Состав модельных систем с массовой долей муки грецкого ореха 5 %, в пересчёте на 100 г

Наименование компонента	Количество компонента, г			
	1	2	3	4
Молоко	50	50	50	50
Вода дистиллированная	44,8	44,7	44,6	44,4
Мука	5	5	5	5
Псиллиум	0	0,1	0,2	0,4
Пектин	0,2	0,2	0,2	0,2

Аппроксимация экспериментальных позволила получить математические описания рассматриваемых кинетик, удовлетворительно их описывающие в пределах экспериментальных интервалов варьирования значений массовой доли псиллиума (рисунок 3.18).

При концентрации муки ореха грецкого 2,5 % модель имеет вид:

$$\eta = \frac{a + c \cdot [C_{ps}] + f \cdot [C_{ps}]^2}{1 + b \cdot [C_{ps}] + d \cdot [C_{ps}]^2}, \quad (2)$$

а при концентрации 5 % –

$$\eta = a \cdot \exp\left(\frac{[C_{ps}]}{b}\right), \quad (3)$$

где η – динамическая вязкость, мПа·с; $[C_{ps}]$ – массовая доля псиллиума, %; a , b , c , d и f – коэффициенты.

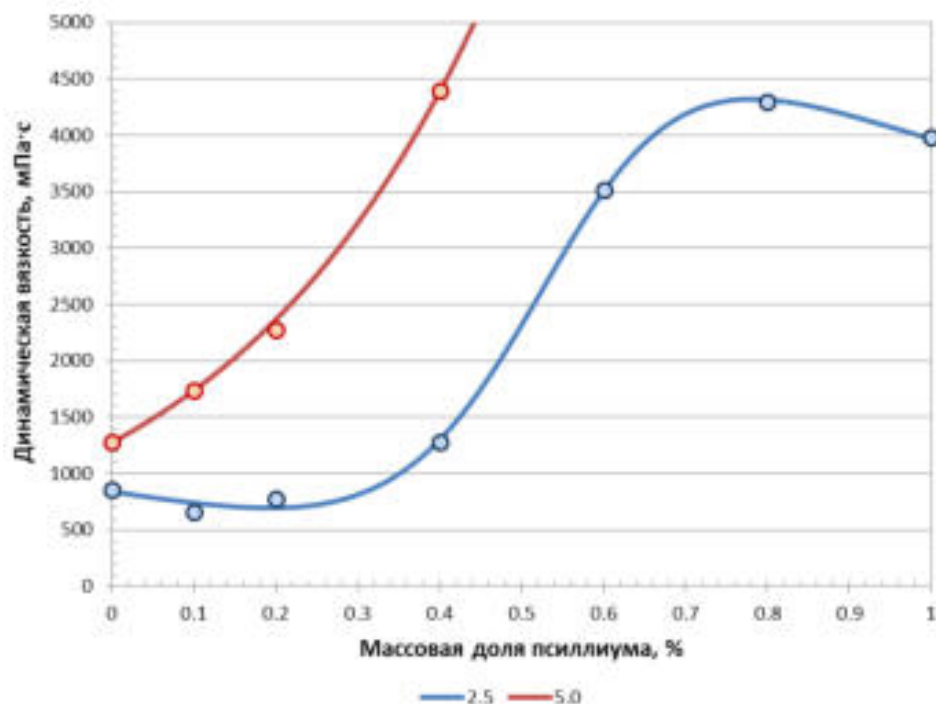


Рисунок 3.18 – Влияние массовой доли псиллиума на кинетику динамической вязкости модельных систем

Статистически характеристики полученных моделей приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Статистические характеристики моделей кинетик динамической вязкости на интервале массовой доли псиллиума

Массовая доля МГО, %	Параметры	Коэффициенты					R ²	Значимость (P>F)
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>		
2.5	значения	839.896	-	-	2.64395	5718.24	0.99910	0.0018
	значимость (P> t)	0.00597	0.00126	0.02362	0.00712	0.03113		
5.0	значения	1277.08	0.32389	-	-	-	0.99857	0.00072
	значимость (P> t)	0.00089	0.00083	-	-	-		

Обе модели демонстрируют выраженный нелинейный характер. Соответственно, для обеих моделей в пределах диапазонов увеличения динамической вязкости существует формальная граница, разделяющая диапазон на область с относительно малым темпом и область с относительно большим темпом прироста динамической вязкости при увеличении массовой доли псиллиума.

Для обеих моделей таковые границы были определены методом дважды изменённых метрик. Массовой доле муки грецкого ореха 2,5 % эта граница соответствовала массовой доле псиллиума 0,44%, тогда как массовой доле муки 5 % – 0,22%. Предположительно, эти границы являются локальными точками оптимума, когда дальнейшее увеличение концентрации псиллиума приводит к переходу в область высокого темпа прироста вязкости. Примечательно, что для обеих массовых долей муки грецкого ореха произведение массовой доли муки ореха грецкого и массовой доли псиллиума были величиной постоянной, равной 1,1. Полагая в дальнейшем таковую константу справедливой и для остальных массовых долей муки грецкого ореха, были определены составы промежуточных модельных систем, а также модельной системы, соответствующей границе (M) перехода кривой.

$$[C_{ps}] \cdot [C_{wp}] = 1.1, \quad (4)$$

где $[C_{wp}]$ – массовая доля муки ореха грецкого, %.

Составы модельных систем приведены в таблице 3.7.

Оценка органолептических показателей данных модельных систем по консистенции и вкусу показала, что лучшей консистенцией обладали системы M и 3, равно как и выраженность вкуса.

Таблица 3.7 – Состав модельных систем в пересчёте на 100 г

Наименование компонента	Количество компонента, г				
	1	2	M	3	4
Молоко	50	50	50	50	50
Вода дистиллированная	46.86	46.22	45.95	45.15	44.58
МГО	2.50	3.24	3.54	4.40	5,0
Псиллиум	0.44	0.34	0.31	0.25	0.22
Пектин	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Особенностью полученных модельных систем является необходимость взбалтывания (или перемешивания) перед употреблением: после такого нарушения структуры она уже не восстанавливается.

Поскольку, при прочих равных условиях, механическая прочность псиллиум-содержащей структуры тем меньше, чем меньше его массовая доля в системе, соответственно, оптимальным составом может быть принят вариант *М*.

Учитывая необходимость нивелирования горького вкуса ореховой муки и улучшения органолептических показателей, было решено провести серию экспериментов на основе топленого молока с последующим добавлением вкусоароматической композиции.

3.6 Подбор пектина для стабилизации системы топленое молоко-пектин

Как было сказано выше основной проблемой при получении заданной киселеобразной консистенции является достижение гармоничной органолептической палитры, в том числе выявлено необходимость усиления вкуса молочной основы. Методология исследований на данном этапе была аналогична предыдущей, но были выявлены в ходе работы особенности реологические особенности псиллиума в разрабатываемой многокомпонентной системе.

Как показали предыдущие исследования регулировать реологическое поведение необходимо можно с учетом его барьерного взаимодействия пектина более глубокая градация, рецептуры экспериментальных образцов представлены в таблице 3.8.

Данные по изменению активной и титруемой кислотности представлены на рисунках 3.19 и 3.20.

Таблица 3.8 – Рецептуры экспериментальных образцов

Наименование компонента	Номер образца										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Молоко топленое, мл	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Вода дист., мл	100	99,8	99,6	99,4	99,2	99,0	98,8	98,6	98,4	98,2	98,0
Пектин, г	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0



Рисунок 3.19 – Динамика изменения активной кислотности



Рисунок 3.20 – Динамика изменения титруемой кислотности

Массовая доля топленого молока в системе составила 50 % во всех исследуемых образцах, массовая доля пектина – от 0,1 до 1,0 % с шагом 0,1. Для каждой концентрации пектина было приготовлено 10 вариантов модельных систем с массовой долей муки грецкого ореха от 1,0 до 10,0 % с шагом 1,0. Оставшийся объем до 100 % доводили дистиллированной водой.

Таблица 3.9 – Рецептуры экспериментальных образцов

Номер образца	Массовая доля топлёного молока, мл	Массовая доля пектина, г	Массовая доля муки грецкого ореха, г	Вода, мл
1.1	50	0,1	1	48,9
1.2	50	0,1	2	47,9
1.3	50	0,1	3	46,9
1.4	50	0,1	4	45,9
1.5	50	0,1	5	44,9
1.6	50	0,1	6	43,9
1.7	50	0,1	7	42,9
1.8	50	0,1	8	41,9
1.9	50	0,1	9	40,9

Окончание таблицы 3.9

1.10	50	0,1	10	39,9
2.1	50	0,2	1	48,8
2.2	50	0,2	2	47,8
2.3	50	0,2	3	46,8
2.4	50	0,2	4	45,8
2.5	50	0,2	5	44,8
2.6	50	0,2	6	43,8
2.7	50	0,2	7	42,8
2.8	50	0,2	8	41,8
2.9	50	0,2	9	40,8
2.10	50	0,2	10	39,8
3.1	50	0,3	1	48,7
3.2	50	0,3	2	47,7
3.3	50	0,3	3	46,7
3.4	50	0,3	4	45,7
3.5	50	0,3	5	44,7
3.6	50	0,3	6	43,7
3.7	50	0,3	7	42,7
3.8	50	0,3	8	41,7
3.9	50	0,3	9	40,7
3.10	50	0,3	10	39,7
4.1	50	0,4	1	48,6
4.2	50	0,4	2	47,6
4.3	50	0,4	3	46,6
4.4	50	0,4	4	45,6
4.5	50	0,4	5	44,6
4.6	50	0,4	6	43,6
4.7	50	0,4	7	42,6
4.8	50	0,4	8	41,6
4.9	50	0,4	9	40,6
4.10	50	0,4	10	39,6
5.1	50	0,5	1	48,5
5.2	50	0,5	2	47,5
5.3	50	0,5	3	46,5
5.4	50	0,5	4	45,5
5.5	50	0,5	5	44,5
5.6	50	0,5	6	43,5
5.7	50	0,5	7	42,5
5.8	50	0,5	8	41,5
5.9	50	0,5	9	40,5
5.10	50	0,5	10	39,5
6.1	50	0,6	1	48,4
6.2	50	0,6	2	47,4
6.3	50	0,6	3	46,4
6.4	50	0,6	4	45,4
6.5	50	0,6	5	44,4
6.6	50	0,6	6	43,4
6.7	50	0,6	7	42,4
6.8	50	0,6	8	41,4
6.9	50	0,6	9	40,4

Окончание таблицы 3.9

6.10	50	0,6	10	39,4
7.1	50	0,7	1	48,3
7.2	50	0,7	2	47,3
7.3	50	0,7	3	46,3
7.4	50	0,7	4	45,3
7.5	50	0,7	5	44,3
7.6	50	0,7	6	43,3
7.7	50	0,7	7	42,3
7.8	50	0,7	8	41,3
7.9	50	0,7	9	40,3
7.10	50	0,7	10	39,3
8.1	50	0,8	1	48,2
8.2	50	0,8	2	47,2
8.3	50	0,8	3	46,2
8.4	50	0,8	4	45,2
8.5	50	0,8	5	44,2
8.6	50	0,8	6	43,2
8.7	50	0,8	7	42,2
8.8	50	0,8	8	41,2
8.9	50	0,8	9	40,2
8.10	50	0,8	10	39,2
9.1	50	0,9	1	48,1
9.2	50	0,9	2	47,1
9.3	50	0,9	3	46,1
9.4	50	0,9	4	45,1
9.5	50	0,9	5	44,1
9.6	50	0,9	6	43,1
9.7	50	0,9	7	42,1
9.8	50	0,9	8	41,1
9.9	50	0,9	9	40,1
9.10	50	0,9	10	39,1
10.1	50	1,0	1	48,0
10.2	50	1,0	2	47,0
10.3	50	1,0	3	46,0
10.4	50	1,0	4	45,0
10.5	50	1,0	5	44,0
10.6	50	1,0	6	43,0
10.7	50	1,0	7	42,0
10.8	50	1,0	8	41,0
10.9	50	1,0	9	40,0
10.10	50	1,0	10	39,0

В результате проведённых исследований для каждого варианта соотношения «пектин – МГО» были получены экспериментальные данные, включающие активную (рН) и титруемую кислотность, а также основные органолептические показатели: консистенцию, вкус, запах, цвет. В общей совокупности данных имела

место вариативность по рН в пределах от 5,4 до 6,4 и титруемой кислотности в пределах от 10,67 до 77,33 °Т. Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение массовой доли пектина приводит к некоторому снижению рН трёхкомпонентной системы (рисунок 3.21), что логично, поскольку пектин имеет в составе остатки галактуроновой кислоты, несущие в том числе и свободные карбоксильные группы, и при увеличении концентрации кислотных групп в системе рН должен закономерно демонстрировать некоторое снижение.

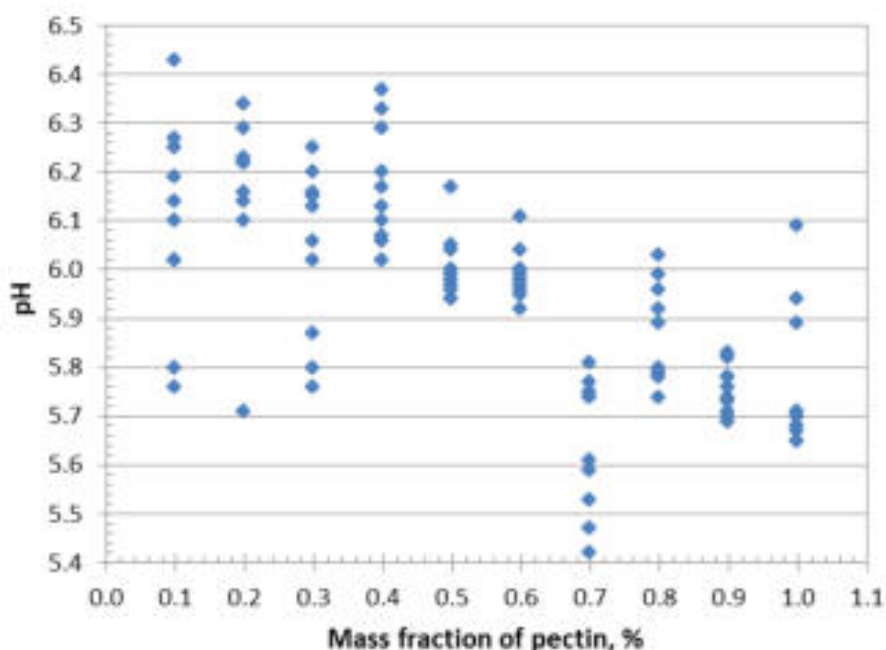


Рисунок 3.21 – Влияние массовой доли пектина на рН трёхкомпонентной системы

На рисунке данное влияние прослеживается визуально. При этом коэффициент корреляции рассматриваемой взаимосвязи составляет -0,67, что говорит о преобладающей доле данного влияния, но недостаточной для того для прогностической оценки значения рН.

Теоретически, рН и титруемая кислотность при рассмотрении их природы как результата накопления в системе свободных ионов гидроксония, должны демонстрировать определённую взаимосвязь друг с другом. Однако, вопреки ожиданиям, статистически значимого влияния массовой доли пектина на титруемую кислотность выявлено не было. Коэффициент корреляции составил

всего -0,19. В противоположность пектину на титруемую кислотность оказывала влияние массовая доля МГО (рисунок 3.22).

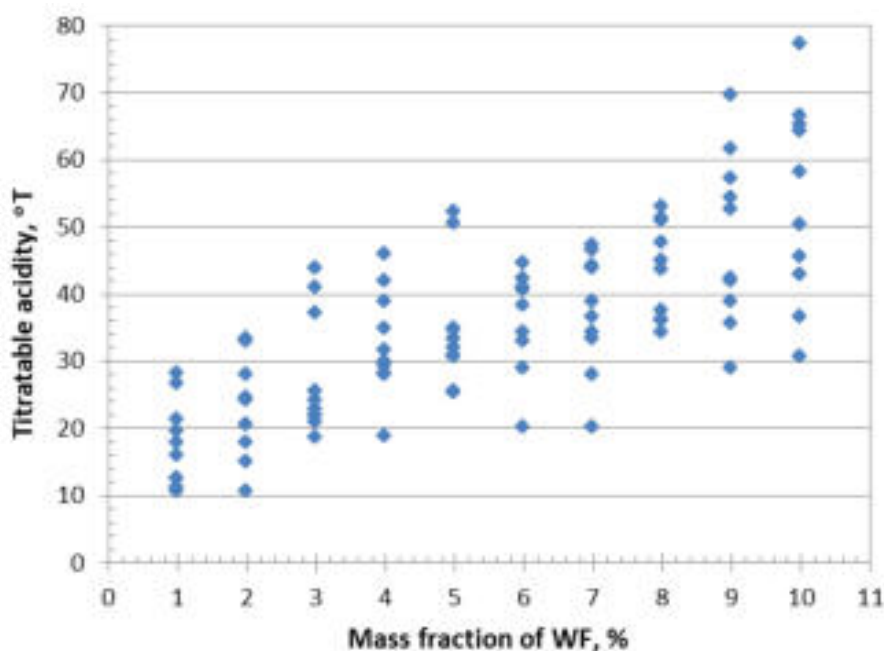


Рисунок 3.22 – Влияние массовой доли МГО (в английской интерпретации WF – от «walnut flour») на титруемую кислотность трёхкомпонентной системы

С учётом некоторой доли неопределённости коэффициент корреляции составил 0,75. При этом визуально идентифицируется практически прямая зависимость, возмущаемая в сторону увеличения титруемой кислотности при массовой доле МГО, равной или меньшей 5, и – в сторону уменьшения показателя при массовой доле МГО, равной или большей 6. То есть влияние МГО на титруемую кислотность оказалось выше, чем пектина на рН. Но, в свою очередь, массовая доля МГО практически не оказывала влияния на рН (коэффициент корреляции -0,13). В результате получили противоречие: оба показателя – и рН, и титруемая кислотность, – теоретически, должны отражать суть проявления средой кислотных свойств, вследствие чего должна иметь место корреляция между ними или, что, фактически, то же самое, массовые доли пектина и МГО, показывая корреляцию с одним вариантом отображения кислотности, должны показывать наличие корреляции и с другим. Однако, как показали результаты исследований, этого не происходит. Отталкиваясь от природы рН, можем предположить, что в составе МГО содержатся компоненты, способные в сочетании с молоком и

пектином проявлять себя в качестве кислот и оснований Льюиса, тем самым оказывая значимое влияние на титруемую кислотность без обязательной необходимости участия в процессе продуцирования катионов H^+ (Carey, 2003, Greenwood et al., 1997). Данное предположение косвенно подтверждается положительной корреляцией титруемой кислотности с массовой долей МГО. При этом вероятно, в рассматриваемой системе титруемая кислотность формируется преимущественно по данному механизму, поскольку вклад катионов H^+ , вносимый диссоциацией карбоксильных групп пектина, непосредственного влияния не оказывает. В этой связи возникает вопрос о влиянии каждого из факторов кислотности на проявление органолептических свойств.

3.7 Исследование влияния величины pH, титруемой кислотности и состава модельных систем на их органолептические характеристики

Для учёта всей совокупности органолептических свойств исследованных трёхкомпонентных систем, в дальнейшем оперировали интегральным показателем, представляющим собой сумму баллов. Результаты исследований показали нетривиальную картину взаимосвязи pH трёхкомпонентной системы и общей органолептической оценки (рисунок 1.23). При отсутствии явно выраженной взаимосвязи обращает на себя внимание резкая очерченность границы множества экспериментальных данных в координатах «pH – интегральный органолептический показатель».

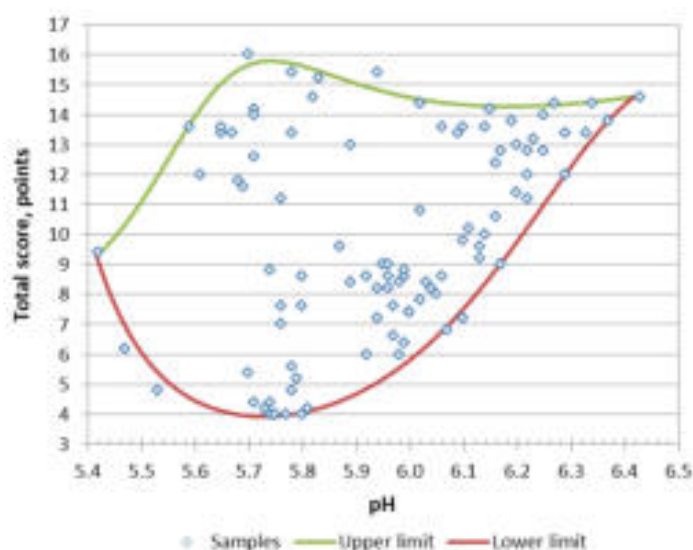


Рисунок 3.23 – Влияние pH системы «молоко – пектин – МГО» на интегральный органолептический показатель (Upper и Lower limit – верхняя и нижняя границы, соответственно, Samples – экспериментальные данные)

В результате аппроксимации пограничных экспериментальных данных были определены эмпирические модели, адекватно описывающие, соответственно, нижнюю и верхнюю границы множества:

$$TS = \exp(a + b \cdot pH + c \cdot pH^2 + pH^3), \quad (5)$$

$$TS = \frac{a + c \cdot pH^{0.5} + e \cdot pH + g \cdot pH^{1.5}}{1 + b \cdot pH^{0.5} + d \cdot pH + f \cdot pH^{1.5}}, \quad (6)$$

где TS – сумма баллов органолептического анализа, балл; a – константы; b, c, d, e, f и g – коэффициенты.

Статистические характеристики моделей представлены в таблице 1.10.

Таблица 3.10 – Статистические характеристики моделей верхней и нижней границ множества данных влияния рН системы на её интегральный органолептический показатель

Модель		Константа и коэффициенты							r^2	$P>F$
		a	b	c	d	e	f	g		
Нижняя граница	значение	1378.582	-	112.038	-6.115	-	-	-	0.9935	$< 10^{-5}$
	$P> t $	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	-	-	-		
Верхняя граница	значение	0.577	-1.162	0.206	0.447	-0.486	-0.057	0.125	0.9789	0.0005
	$P> t $	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$		

Верхняя и нижняя границы имеют выраженный максимум и минимум, соответственно, при рН системы в пределах 5.7-5.8. Обращает на себя внимание замкнутость границ: верхняя и нижняя границы пересекаются в точках [5.42; 9.27] и [6.42; 14.60], практически все экспериментальные данные находятся внутри области, между границами. При этом, чем ближе к точкам пересечения, тем меньше неопределённость взаимосвязи, и – наоборот. Этот факт может косвенно указывать, что чем дальше значение рН трёхкомпонентной системы от некоторого промежуточного значения, тем выше однозначность влияния показателя на её органолептические свойства, тогда как промежуточное значение является оптимумом для проявления неустановленными компонентами маскирующего эффекта, либо снижения ими стабилизирующего эффекта. Двуплечий характер проявления неопределённости позволяет предполагать, что эти компоненты имеют

белковую природу, и изменение конформации вследствие изменения pH приводит к либо к вовлечению в проявление органолептических свойств дополнительных функциональных групп, либо к частичной инактивации в области, вероятно имеющей природу изоэлектрической точки, когда стабильность компонентов в системе снижается до минимума. Примечательно, что на данном этапе исследований обе гипотезы равнозначны, не имея друг перед другом каких-либо преимуществ.

В то же время каких-либо особенностей влияния титруемой кислотности как таковой на интегральный показатель органолептических свойств выявлено не было.

Весьма нетривиальный результат был получен при анализе взаимосвязи pH трёхкомпонентных систем «молоко – пектин – МГО» и титруемой кислотности. Массив из ста точек, полученных в результате исследований, образовал в координатах «pH – титруемая кислотность» некоторое подобие треугольника с криволинейными сторонами и основанием, почти сонаправленным оси абсцисс, и выраженными вершинами (рисунок 3.24).

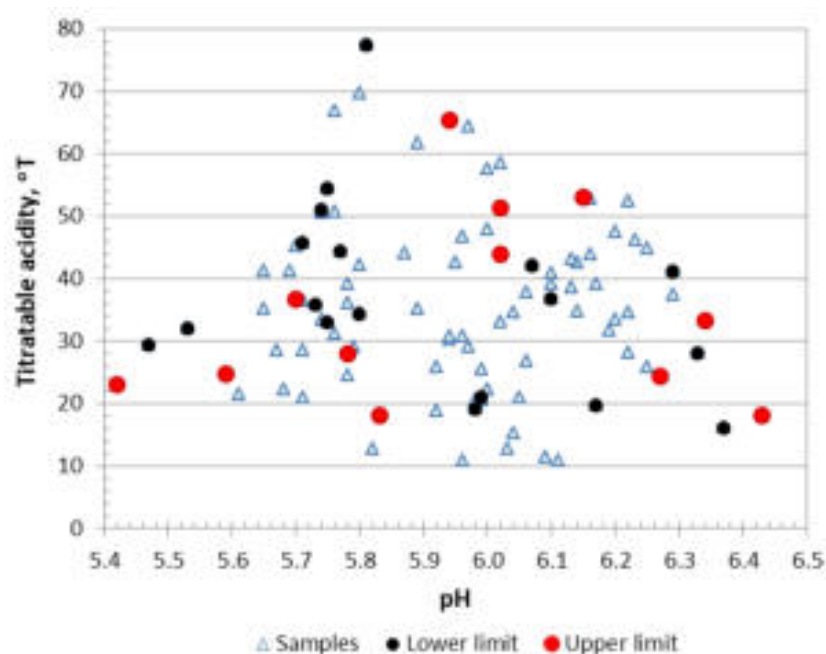


Рисунок 3.24 – Эмпирическая взаимосвязь pH и титруемой кислотности в системе «молоко – пектин – МГО»

Наложение экспериментальных данных, соответствующих верхней и нижней границе рисунка 3.23, не позволило выявить однозначной общей закономерности

их распределения в пределах «криволинейного» треугольника на рисунке 3.23. Однако имели место некоторые частные закономерности, интервального характера, зашумленные данными с промежуточными значениями органолептической оценки. Так, визуально может быть идентифицировано значение рН 5,9; разделяющее треугольник на две области. В левой, в диапазоне меньших значений рН, расположение точек верхней границы было стохастично относительно значений титруемой кислотности, тогда как расположение точек нижней границы демонстрировало прямую экспоненциальную зависимость титруемой кислотности от рН с увеличивающейся зашумленностью при приближении к границе раздела областей. В области, соответствующей диапазону больших значений рН, имела место обратная тенденция: на фоне стохастичного расположения относительно титруемой кислотности точек, соответствующей нижней границе, точки верхней границы демонстрировали зашумленную, но обратную, практически линейную, взаимосвязь рН и титруемой кислотности. В целом, общий характер неопределённости между рН и титруемой кислотностью, так же, как и в случае с ситуацией, представленной на рисунке 1.24, наталкивает на мысль о белковой природе факторов, определяющих эту неопределённость и влияющих на её выраженность, с критической точкой (возможно – изоэлектрической) в районе рН 5,9.

В этой связи довольно показательна картина комплексного влияния массовых долей пектина и МГО в трёхкомпонентной системе на рН в диапазоне значений зависимого фактора от 6 и выше (рисунок 3.25).

Несмотря на отсутствие общей корреляции между массовой долей МГО и рН, в диапазоне массовой доли пектина от 0,1 до 0,4 % такая корреляция уже имеет место, и логично вписывается в картину формирования рН, уменьшая её значение при увеличении массовой доли МГО. И лишь при добавлении диапазона рН со значениями, меньшими 6, формируемого увеличением массовой доли пектина в системе, усиливают свою роль эффекты, которые выше определили, как увеличение доли кислот и оснований Льюиса.

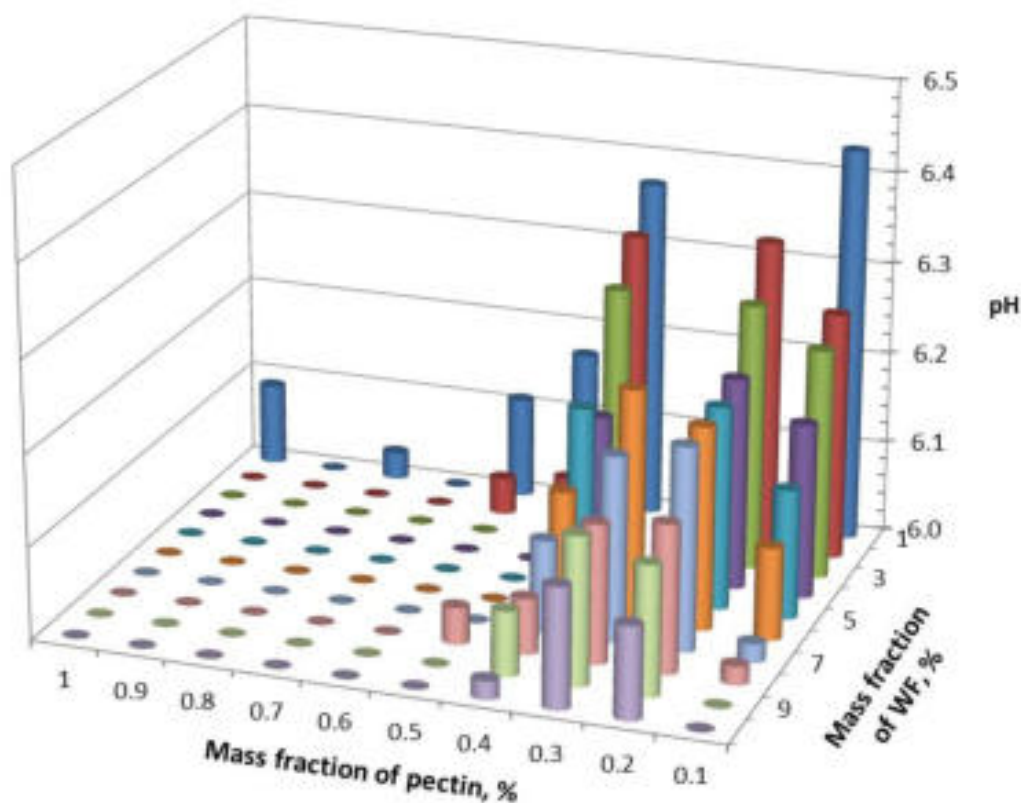


Рисунок 3.25 – Влияние массовых долей пектина и МГО в системе «молоко – пектин – МГО» на pH (в диапазоне pH от 6 и выше)

Анализ влияния массовой доли пектина оказывать возмущающий эффект на взаимосвязь титруемой кислотности и массовой доли МГО показал, что такой эффект, действительно, имеет место (рисунок 3.26).

И при этом степень проявления возмущающего эффекта зависит как от массовой доли пектина, так и соотношения массовых долей пектина и МГО, что косвенно указывает на имеющие место взаимодействия как минимум компонентов МГО и пектина и наличие некоторого спектра как вариаций этого взаимодействия, так и его результатов. Последний вывод в общих чертах вполне согласуется с существующими представлениями об особенностях взаимодействия пектиновых молекул с белками, в том числе молочными (Wusigale at al., 2020).

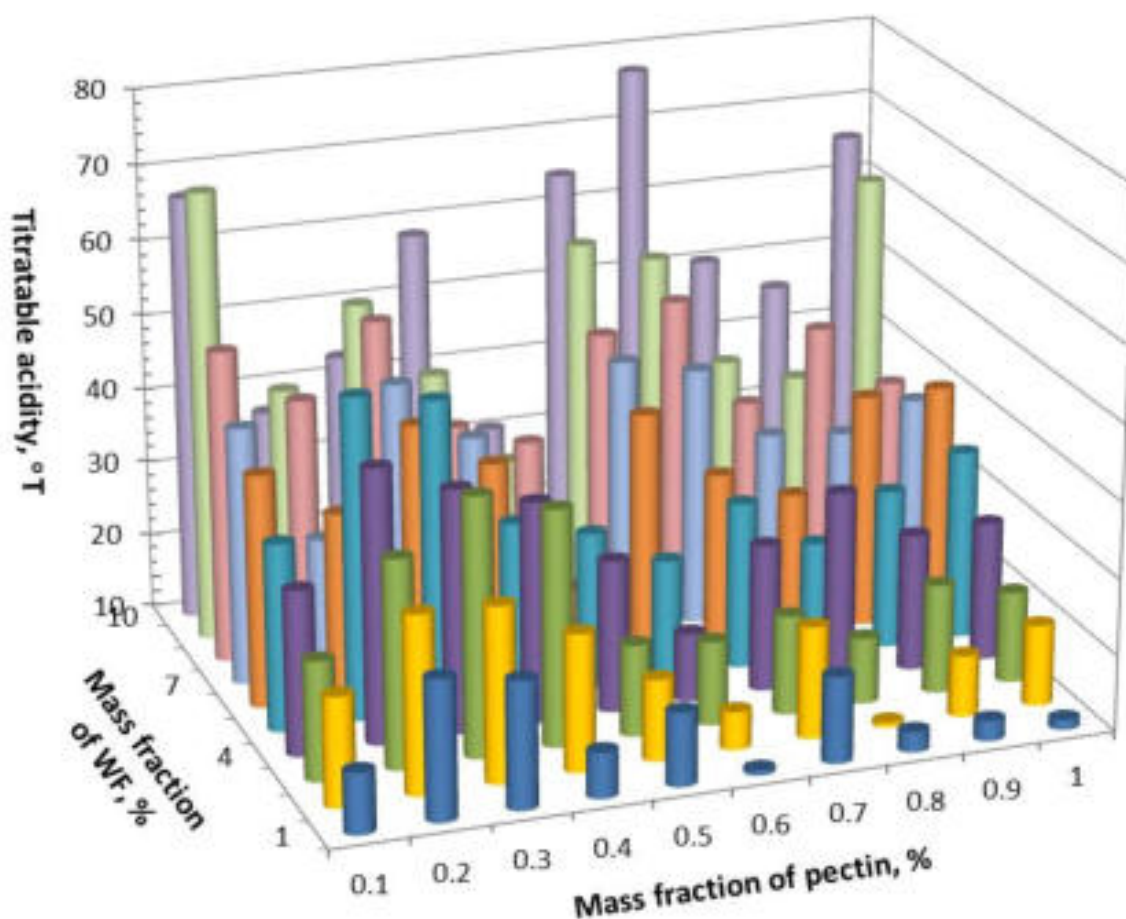


Рисунок 3.26 – Влияние массовых долей пектина и МГО в системе «молоко – пектин – МГО» на титруемую кислотность

Анализ совокупности рассмотренных выше результатов исследований, предложенных гипотез, а также современных представлений о молекулярной структуре пектиновых молекул и сложном составе МГО позволяют предположить о весьма неоднозначном совместном влиянии массовых долей пектина и МГО на проявление органолептических свойств исследованных трёхкомпонентных систем с их участием. Результаты непосредственного исследования этого участия представлены на рисунке 3.27.

Поскольку интегральный органолептический показатель включает значения органолептической оценки по четырём органолептическим показателям, следовательно, целевой рассмотрение комплексного участия компонентов системы на его формирование имеет смысл в диапазоне значений, больших 12.

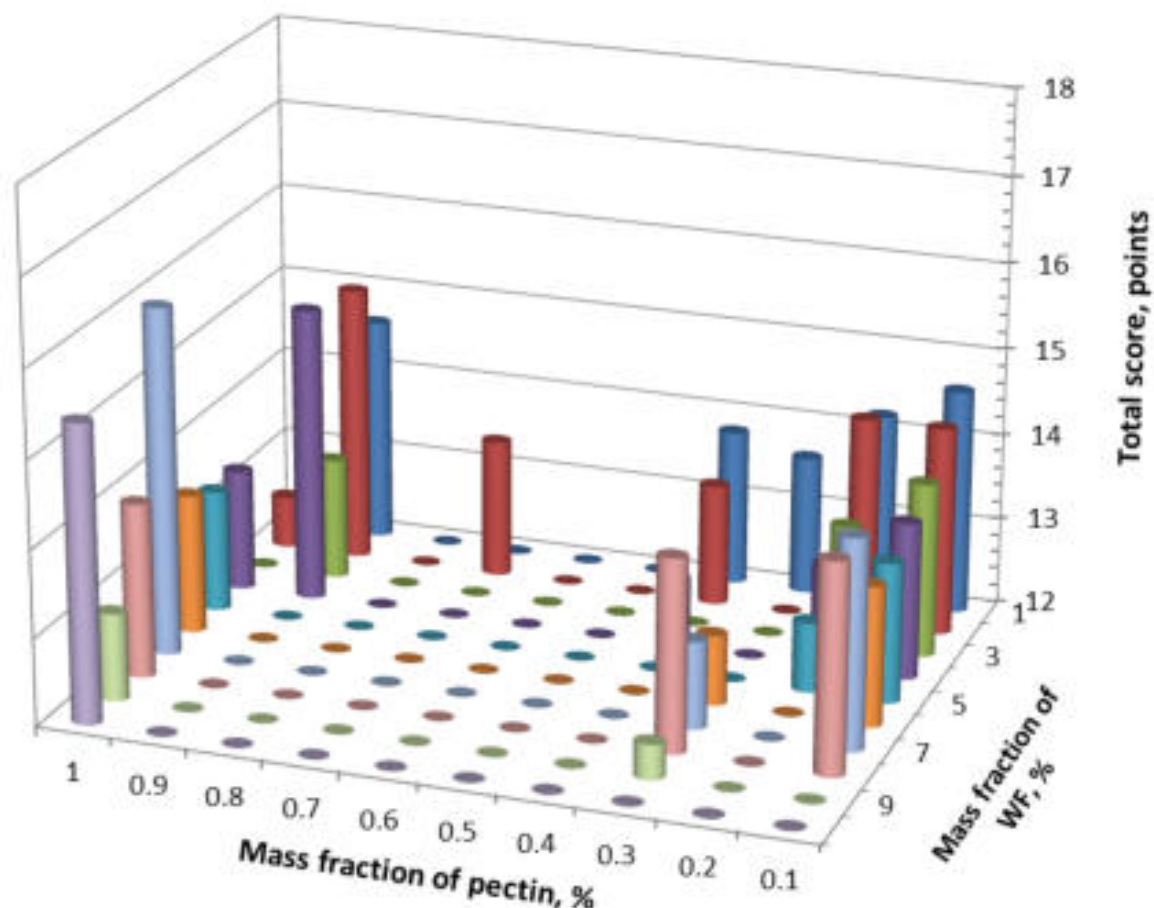


Рисунок 3.27 – Влияние массовых долей пектина и МГО в системе «молоко – пектин – МГО» на интегральный органолептический показатель

В этом случае заслуживает внимания область, включающая диапазон массовой доли пектина от 0,4 до 0,8 и диапазон массовой доли МГО от 3,0 до 1,0 %, для которой в пределах принятых допущений формирование трёхкомпонентной системы «молоко – пектин – МГО» не имеет смысла с точки зрения органолептической оценки полученного результата. При этом обращают на себя внимание два диапазона массовых долей пектина – от 0,1 до 0,3 %, и 0,9 %, – в которых интегральная органолептическая оценка системы удовлетворительна в широком интервале массовых долей МГО. В остальном диапазоне приемлемой являлась массовая доля МГО не больше 0,4 % или же совсем включающая приемлемые варианты.

3.8 Установление зависимостей напряжения сдвига от скорости сдвига поликкомпонентных молочных систем

Задачей данного этапа исследований стало по единой модели, которая адекватно удовлетворяет всем вариантам, выделить одну модель. По ней найти коэффициенты для каждой экспериментальной точки и проанализировать вклад в формирование этих значений соотношения компонентов (пектина, МГО и молока в продукте) (таблица 1.9). Далее необходимо промоделировать комплексное влияние этих коэффициентов реологической модели на органолептические свойства и найти эмпирические зависимости, связывающие при каждой концентрации пектина значения коэффициентов от массовой доли пектина.

Для оценки реологических свойств полидисперсных молочных систем максимально подходит модель Шульмана вида:

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^{1/2}$$

где

τ – напряжение сдвига

τ_0 – предельное напряжение сдвига

$\dot{\gamma}$ – скорость сдвига

K – коэффициент динамической вязкости

Данные по эксперименту с рассчитанными предельным напряжением сдвига и коэффициентом динамической вязкости представлены в приложении А.

По каждой из систем путем эмпирического подбора определены зависимости и интегральные коэффициенты влияния каждого компонента на качественные характеристики полидисперсных молочных систем (коэффициент динамической вязкости относительно введения ингредиентов, рисунок 3.28).

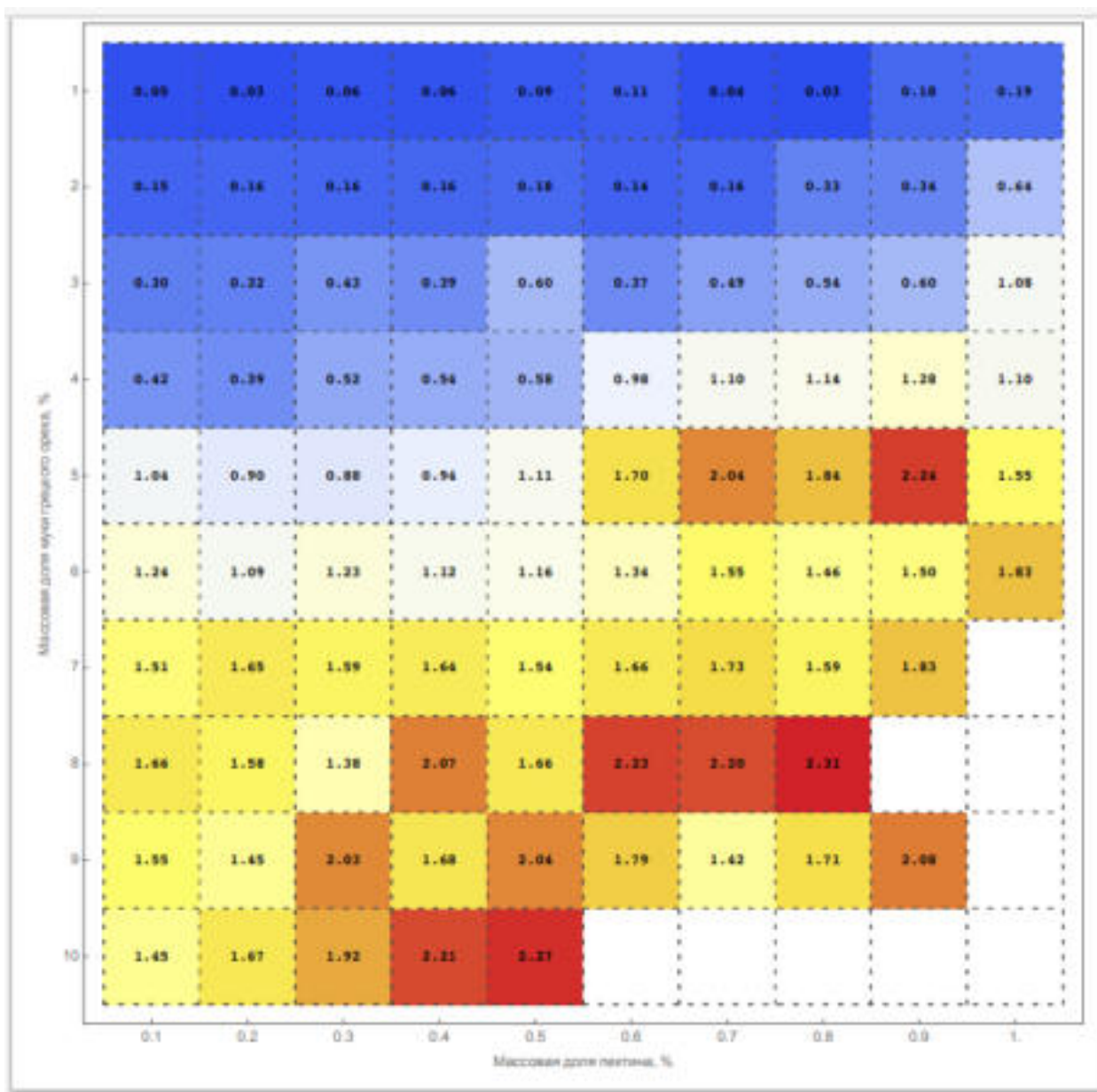


Рисунок 3.28 – Коэффициент при скорости сдвига в уравнениях зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига

Реологический коэффициент хорошо коррелирует с внесением муки грецкого ореха, что наглядно продемонстрировано на рисунке 3.29

На рисунке 3.30, показано, что коэффициент динамической вязкости не коррелирует ни с одним органолептическим параметром, даже с оценкой консистенции.

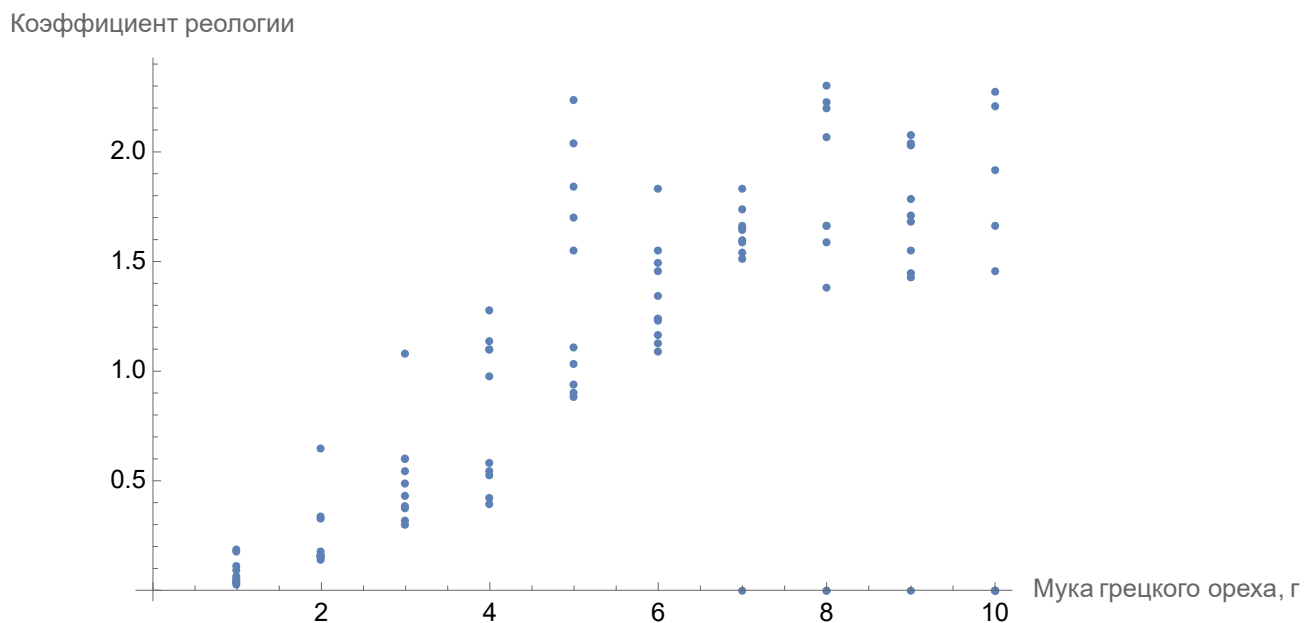


Рисунок 3.29 – Зависимость реологического коэффициента от дозы внесения МГО

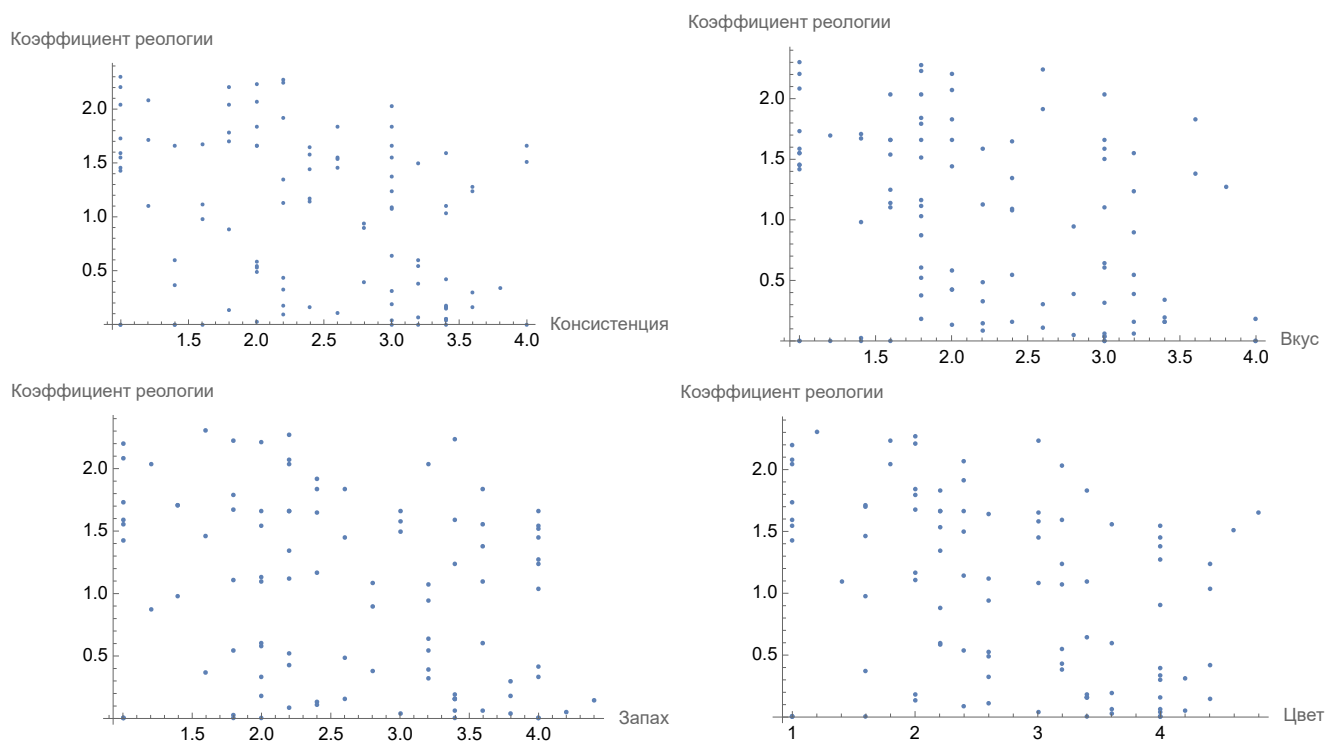


Рисунок 3.30 – Корреляция реологических оценок

При этом, оценки по вкусу, консистенции, цвету и запаху сильно коррелируют с коэффициентом практически линейно (рисунок 1.31):

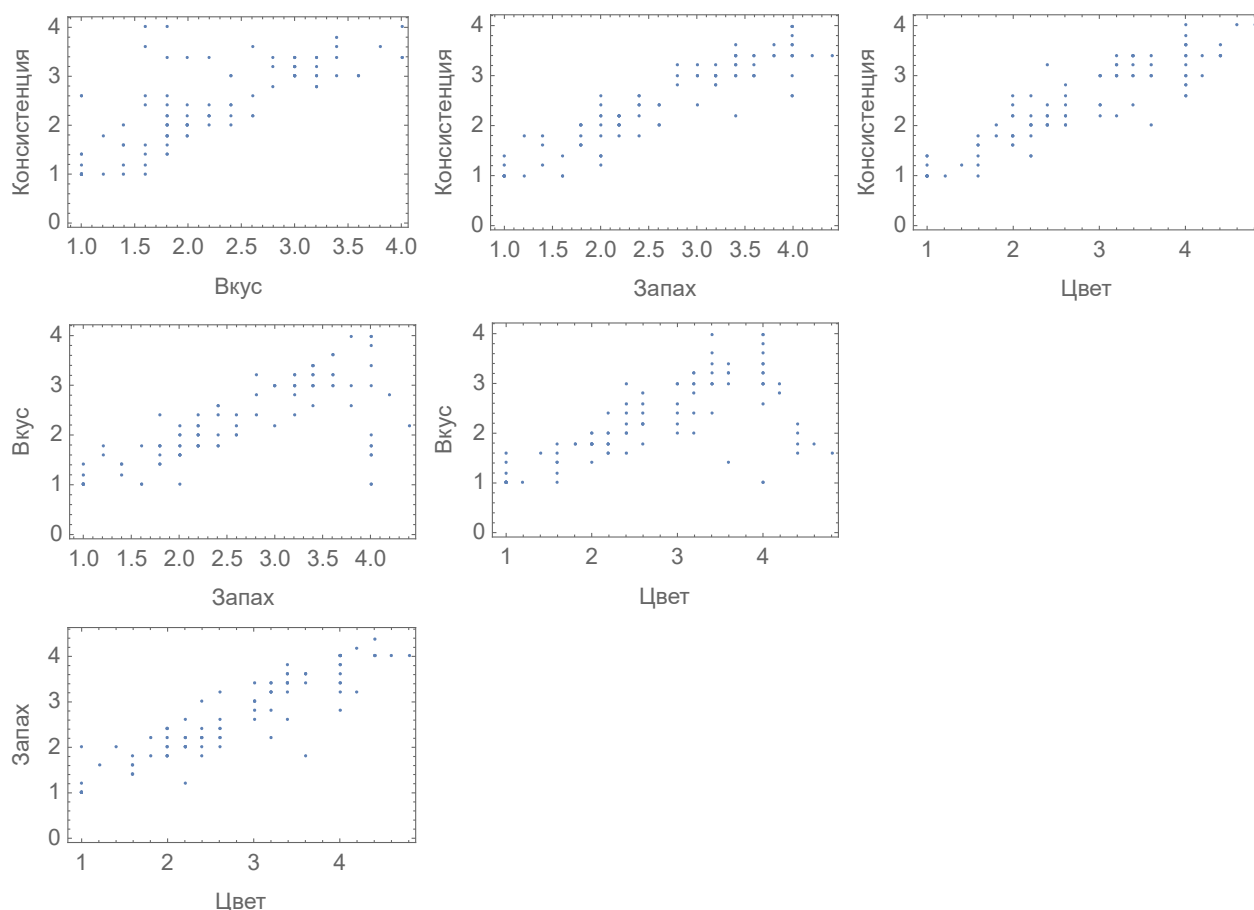


Рисунок 3.31 – Корреляция органолептических оценок

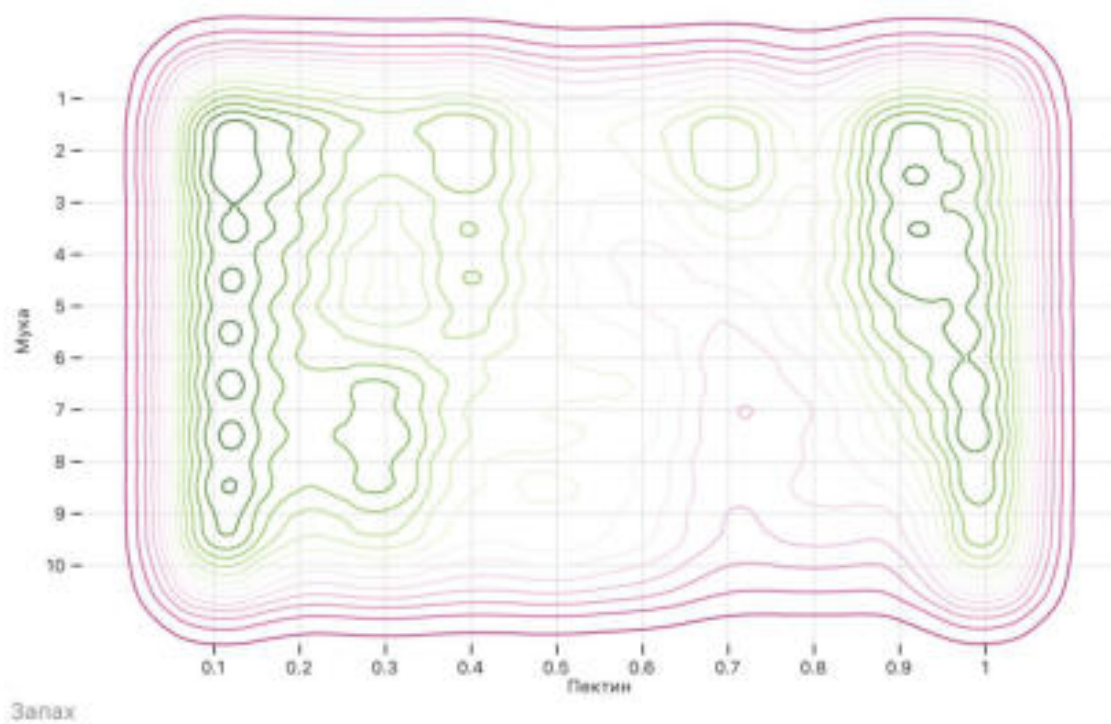
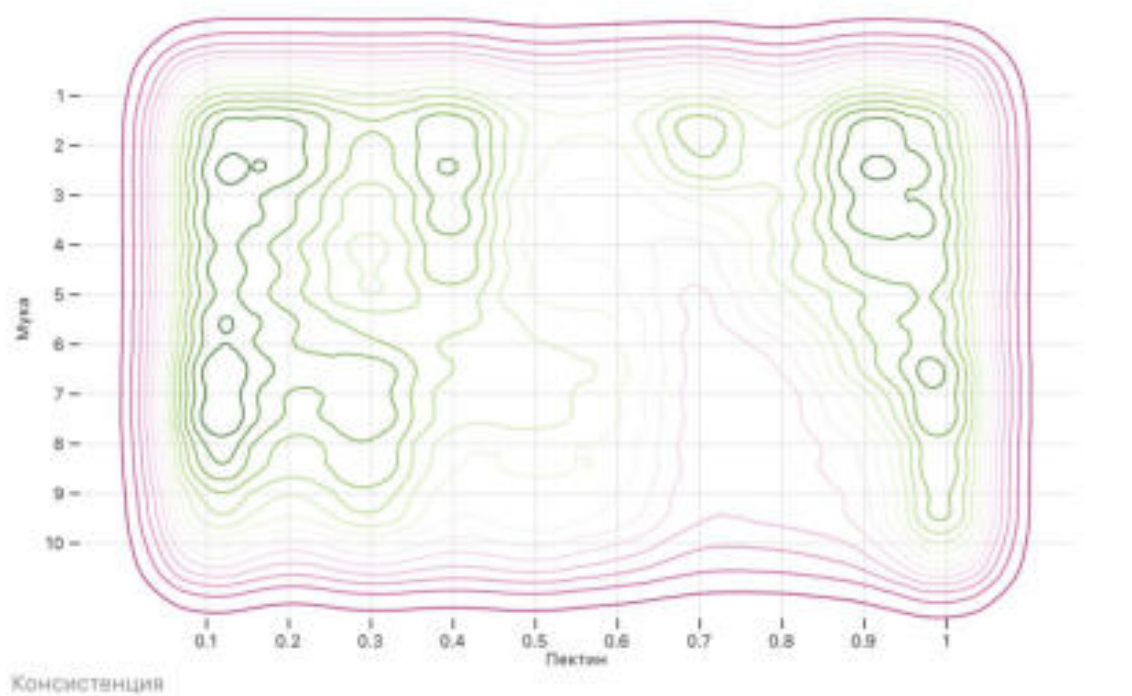
Вид органолептических оценок от внесения ингредиентов представлен на рисунке 3.32.

Был сделан вывод, что для расчета оптимальных параметров внесения, реологическими параметрами можно пренебречь, из всех органолептических параметров для расчетов можно оставить вкус, как наиболее представляющий интерес (в силу корреляции всех параметров со всеми, это допущение имеет место).

Для интерполяции значений вкуса воспользуемся двухкомпонентным методом: первый компонент будет отображать общий тренд и представляться линейной регрессией параметров внесения (x – внесение пектина, y – внесение муки грецкого ореха):

$$f(x, y) = 1.5 + 15.2x - 36.9x^2 + 24.6x^3 - 0.19y - 0.14xy - 0.043x^2y + 0.02y^2 + 0.017xy^2 - 0.0014y^3$$

Начало рисунка 3.32



Окончание рисунка 3.32

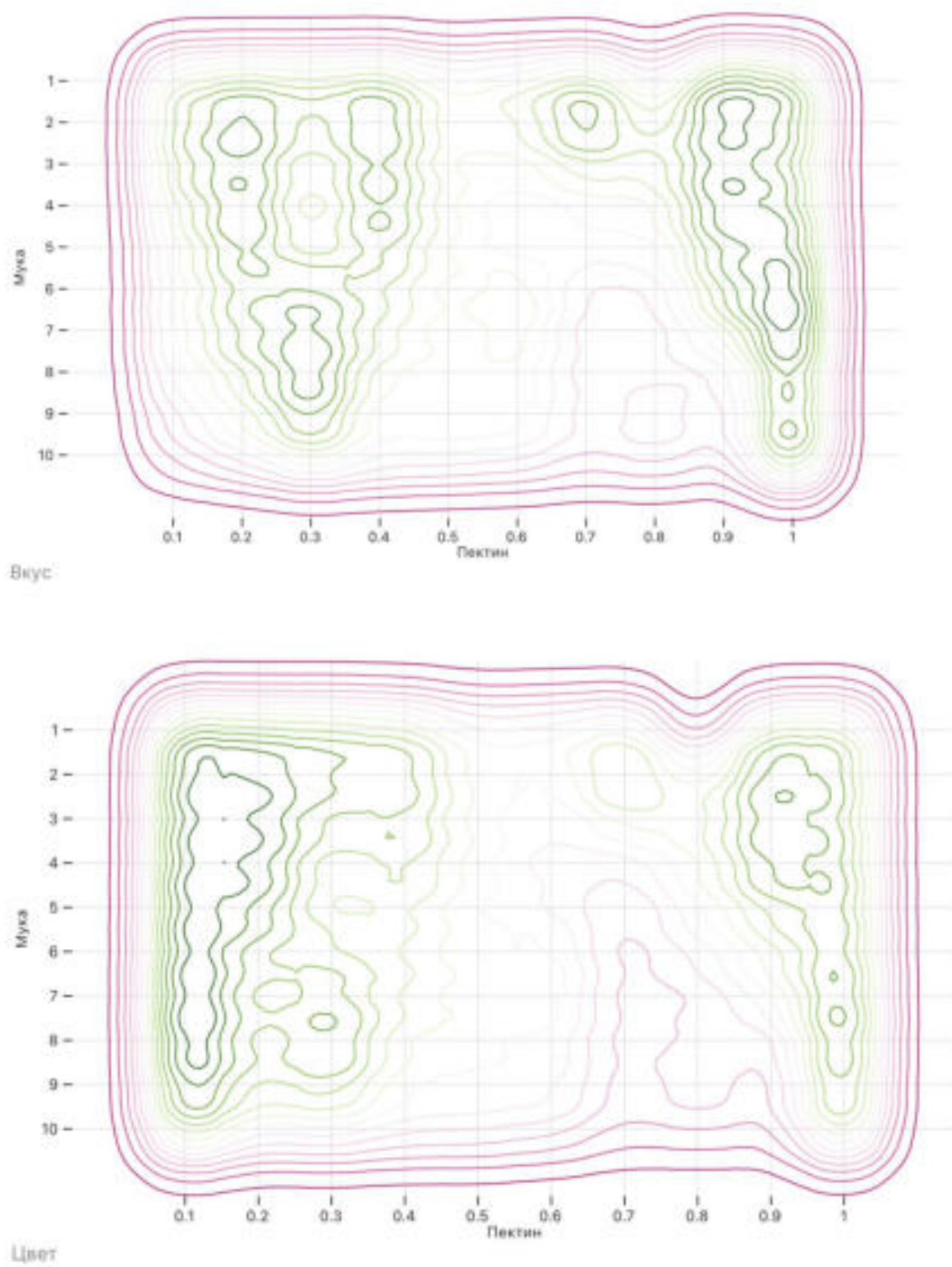


Рисунок 3.32 – Вид органолептических оценок от внесения ингредиентов

Так как на графике вкуса явно выделяются два пика, имеет смысл применить метод радиальных базисных функций для их отображения, выделив два гауссовых ядра:

$$\text{ker}(x, y) = 3.2e^{-34.72(-0.31+x)^2 - 0.61(-7.9+y)^2} + 3.8e^{-61.72(-0.88+x)^2 - 0.347(-4.1+y)^2}$$

Результирующая интерполяция вкуса от внесения ингредиентов представляет собой сумму $f(x, y) + \text{ker}(x, y)$, ее вид изображен на графике (синими точками отмечены экспериментальные данные)

В результате математических расчетов показано, что оптимальными для дальнейшей работы являются интервалы внесения (рисунок 3.33):

0,2-0,4 г пектина + 7-9 г муки грецкого ореха

0,9-1 г пектина + 5-7 г муки грецкого ореха

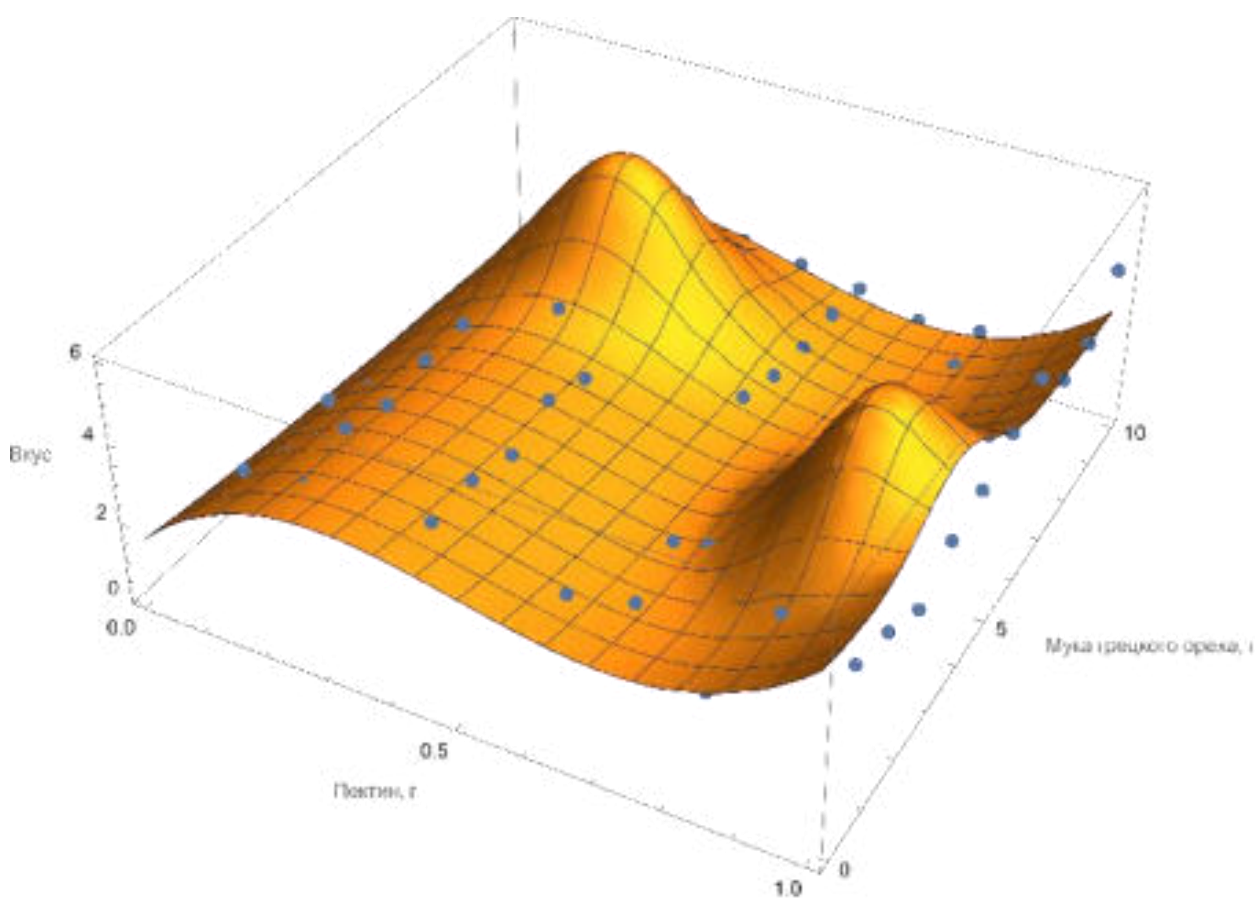


Рисунок 3.33 – Оптимальные интервалы внесения компонентов

3.9 Определение математической зависимости критической массовой доли пектина от массовой доли МГО

Для каждой экспериментальной точки по полученным ранее уравнениям зависимости динамической вязкости от скорости сдвига было рассчитано значение динамической вязкости при скорости сдвига 50 с^{-1} (рисунок 3.34).

Далее взяли одно из экспериментальных значений массовой доли МГО и для него определяем зависимость расчетной динамической вязкости от массовой доли пектина в системе (регрессия со статистикой коэффициентов и всей зависимости в целом, рисунок 3.35).

На основании анализа экспериментальных данных, полученных при фиксированной скорости сдвига 50 с^{-1} , была установлена количественная зависимость между критической массовой долей пектина и массовой долей МГО. В качестве критерия для определения критической концентрации пектина использовалось значение максимума первой производной аппроксимирующей функции в интервале массовой доли пектина от 0 до 1%. Таким образом, критическая концентрация соответствовала точке наибольшего прироста вязкости системы в ответ на увеличение содержания пектина при фиксированном уровне МГО. Данный подход позволяет интерпретировать критическую концентрацию пектина как переходный порог, за которым достигается максимальный вклад пектина в формирование реологической структуры пищевой матрицы выходного продукта.

Методика определения представлена на рисунке 3.34, где показан принцип расчёта производной и выбор максимального значения, а результирующие экспериментальные точки и соответствующее сглаживающее уравнение отображены на рисунке 3.35. Полученные критические комбинации массовых долей МГО и пектина могут рассматриваться как оптимальные условия для достижения требуемых реологических характеристик, включая повышение вязкости, модификацию текстурных свойств и устойчивость дисперсной системы.

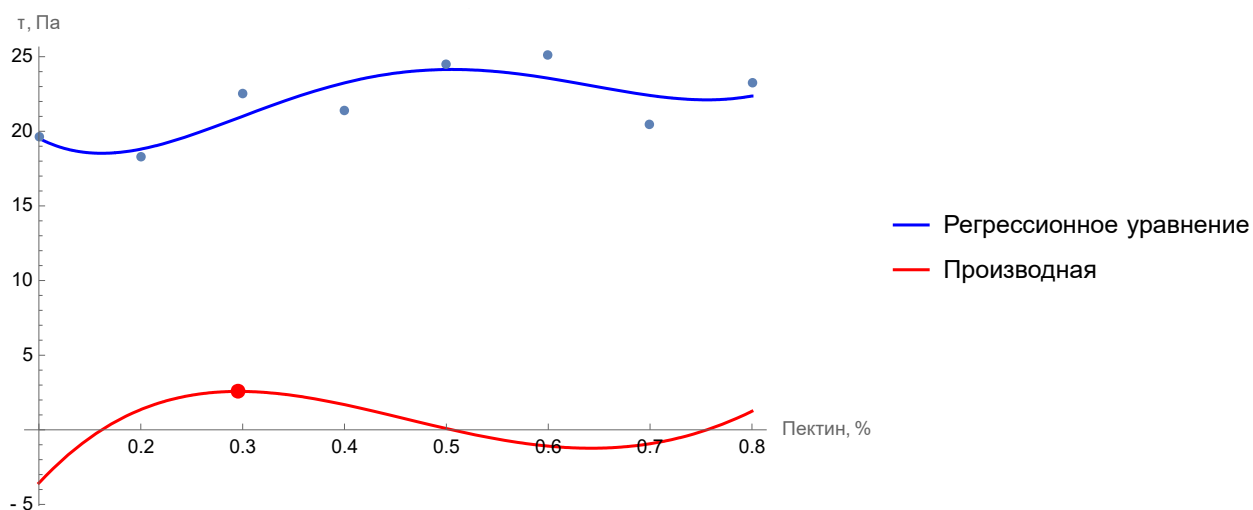


Рисунок 3.34 – Влияние массовой доли пектина на динамическую вязкость при МГО 9,0 %.

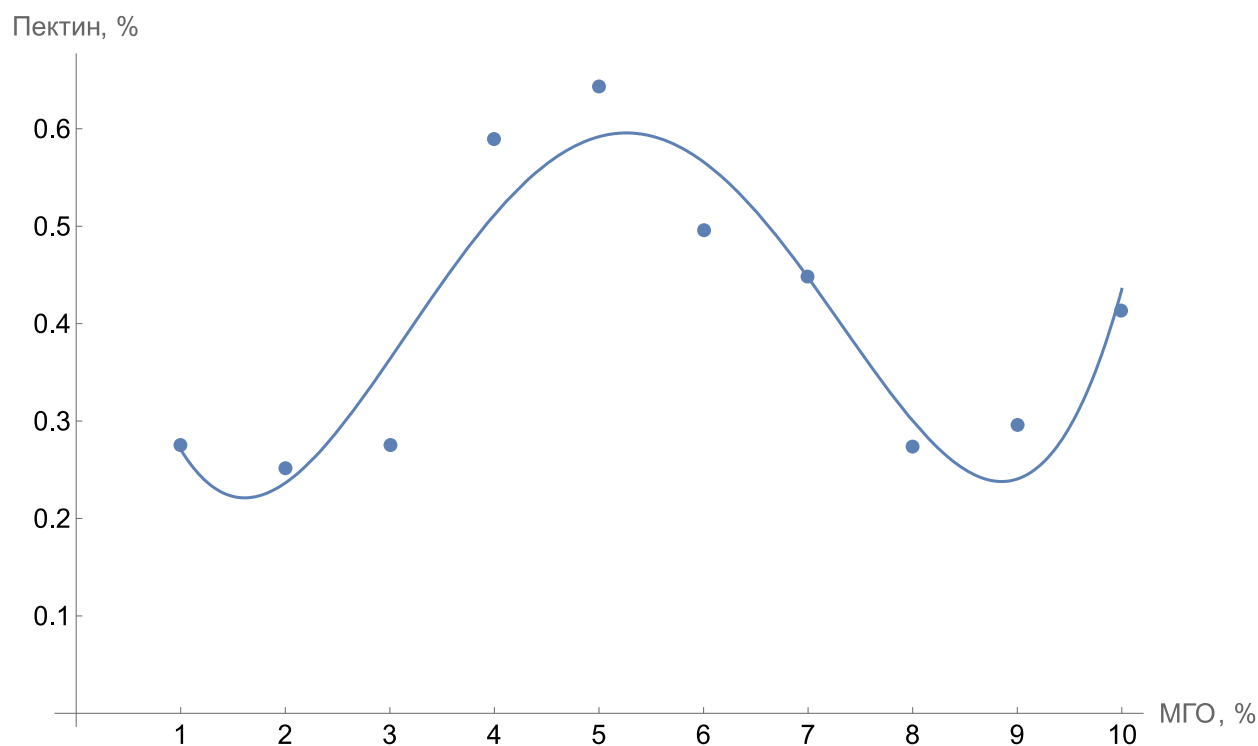


Рисунок 3.35 – Критические значения массовой доли пектина

Уравнение регрессии для критических значений пектина от МГО:

$$13.161667 - 6.40489x + 1.47889x^2 - 0.11184x^3 + 0.00267x^4$$

На основании полученной зависимости рассчитываем границу областей максимального и минимального темпов приращения динамической вязкости (как значение массовой доли пектина, при котором значение производной равно среднему от максимального и минимального её значения на интервале) - критическую массовую долю пектина

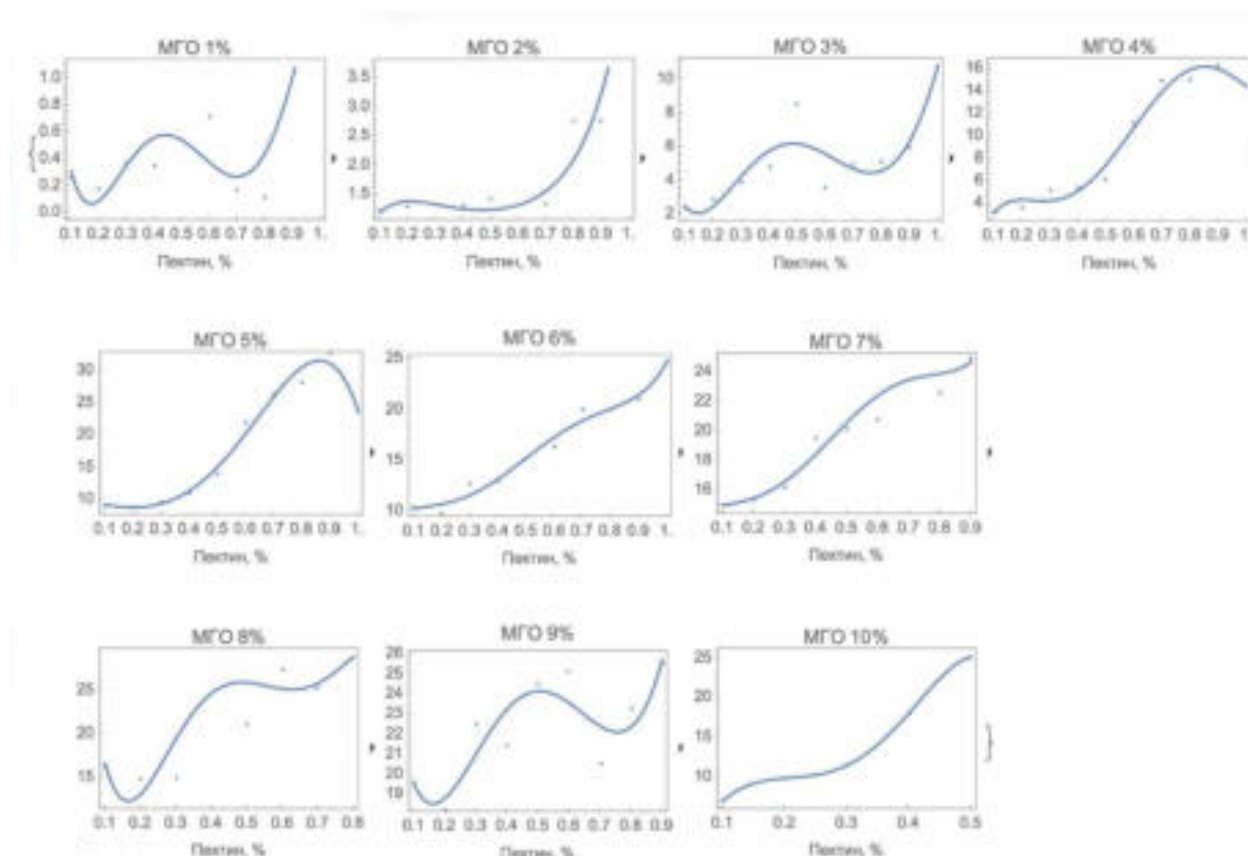


Рисунок 3.36 – Динамическая вязкость систем при фиксированной скорости сдвига

Для каждой кривой определяли точку перехода из области с малым темпом изменения динамической вязкости в зависимости от массовой доли пектина к области с высоким темпом. С учетом двух статистических выбросов все найденные точки могут быть удовлетворительно аппроксимированы.

Функция влияния массовой доли МГО на массовую долю пектина описывается взаимным соотношением их массовых долей в зависимости от массовой доли МГО.

На основании совокупности полученных значений критической массовой доли пектина определяем математическую зависимость критической массовой доли пектина от массовой доли МГО (регрессия со статистикой коэффициентов и всей зависимости в целом) (рисунок 3.36).

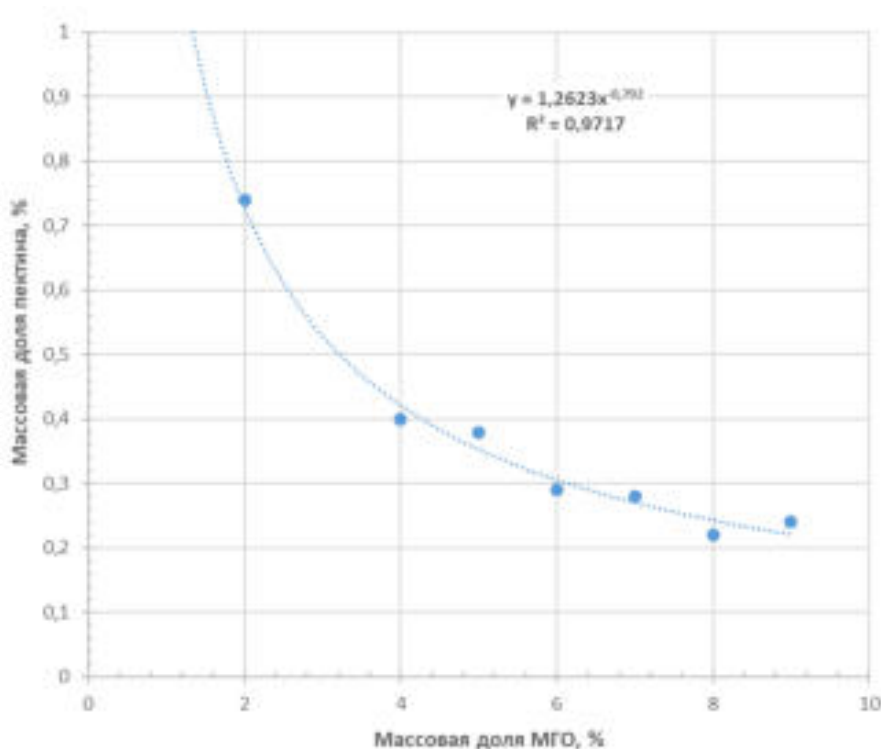


Рисунок 3.37 –Зависимость массовой доли пектина от массовой доли МГО

Чем выше значение массовой доли МГО, тем меньше должна быть концентрация пектина, чтобы сформировать устойчивую систему без выраженного влияния на вязкость. В отличие от систем, приготовленных на обычном молоке, в системах на топленом молоке, отсутствует установленная ранее константа произведения концентраций пектина и МГО в критических точках (точках границы перехода). Согласно представленной на рисунке кривой по степени перехода вязкости в критическую интервал варьирования массовых долей пектина составил от 0,22 до 0,44 % (серединные значения были с разным шагом между двумя крайними значениями).

3.10 Эмпирический подбор массовой доли псиллиума в системе молоко-пектин-МГО

На основании полученных ранее критических точек были составлены рецептуры, представленные в таблице 3.11

Таблица 3.11 – Рецептуры экспериментальных образцов

№ п/п	Массовая доля топлёного молока, %	Массовая доля пектина, %	Массовая доля муки грецкого ореха, %	Массовая доля псиллиума, %	Вода, %
1.1	50	0,44	3,8	0,1	45,7
1.2	50	0,44	3,8	0,2	45,6
1.3	50	0,44	3,8	0,3	45,5
1.4	50	0,44	3,8	0,4	45,4
1.5	50	0,44	3,8	0,5	45,3
1.6	50	0,44	3,8	0,6	45,2
1.7	50	0,44	3,8	0,7	45,1
1.8	50	0,44	3,8	0,8	45
2.1	50	0,35	5,1	0,1	44,5
2.2	50	0,35	5,1	0,2	44,4
2.3	50	0,35	5,1	0,3	44,3
2.4	50	0,35	5,1	0,4	44,2
2.5	50	0,35	5,1	0,5	44,1
2.6	50	0,35	5,1	0,6	44
3.1	50	0,29	6,4	0,1	43,3
3.2	50	0,29	6,4	0,2	43,2
3.3	50	0,29	6,4	0,3	43,1
3.4	50	0,29	6,4	0,4	43
3.5	50	0,29	6,4	0,5	42,9
3.6	50	0,29	6,4	0,6	42,8
4.1	50	0,25	7,2	0,1	42,5
4.2	50	0,25	7,2	0,2	42,4
4.3	50	0,25	7,2	0,3	42,3
4.4	50	0,25	7,2	0,4	42,2
4.5	50	0,25	7,2	0,5	42,1
4.6	50	0,25	7,2	0,6	42
5.1	50	0,22	9	0,1	40,7
5.2	50	0,22	9	0,2	40,6
5.3	50	0,22	9	0,3	40,5
5.4	50	0,22	9	0,4	40,4
5.5	50	0,22	9	0,5	40,3
5.6	50	0,22	9	0,6	40,2

Интервал варьирования концентраций псиллиума составил от 0,1 до 1,0 %.





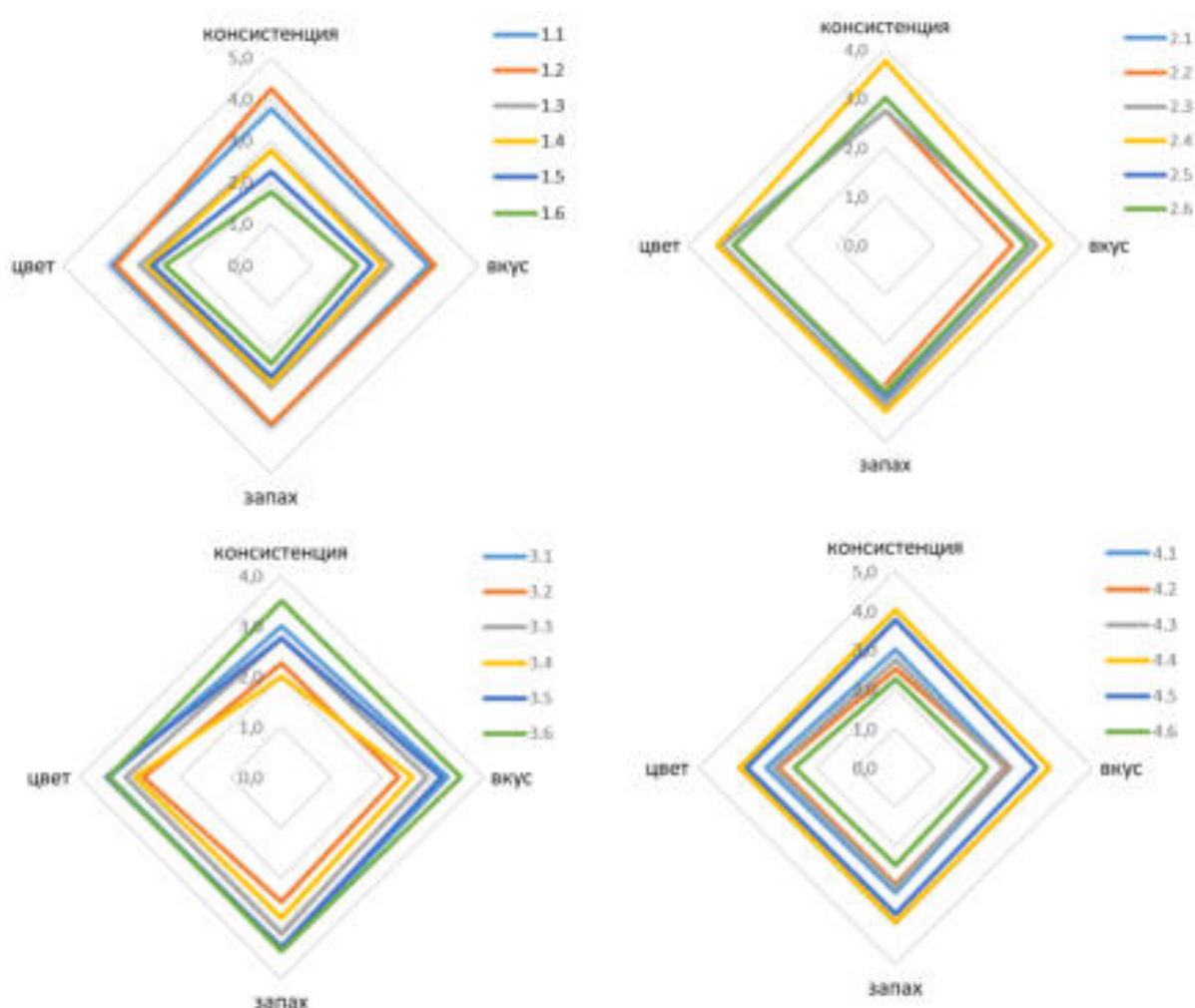
Рисунок 3.38 – Внешний вид образцов сразу после приготовления





Рисунок 3.39 – Внешний вид образцов по истечение суток

На основании результатов первичной органолептической (визуальной) оценки после проведения опытной выработки образца № 1 было установлено, что рецептурные варианты 1.7, 1.8, 1.9 и 1.10, содержащие соответственно 0,7; 0,8; 0,9 и 1,0% псиллиума, не соответствуют заданным требованиям к структурно-механическим характеристикам разрабатываемого продукта. Указанные образцы характеризовались избыточным повышением вязкости и формированием чрезмерно плотной структуры, что противоречило целевым параметрам — получению киселеобразной, текуче-пластичной консистенции. В связи с этим данные варианты были исключены из дальнейшего рецептурного анализа, а последующие экспериментальные выработки проводились в интервале концентраций псиллиума от 0,1 до 0,6%.



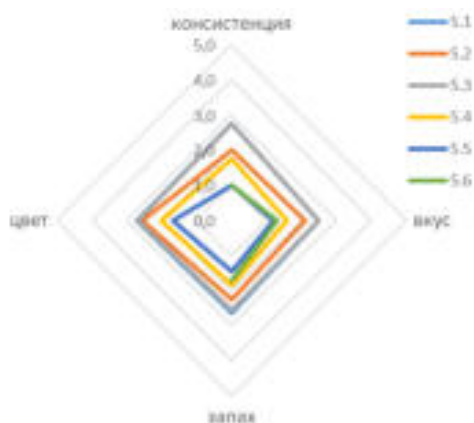


Рисунок 3.40 – Показатели органолептической оценки полученных образцов с построением профилограммы

С целью определения оптимального внутрикомпонентного соотношения в молочной полидисперсной системе для количественной обработки результатов комплексной органолептической оценки была использована классическая функция желательности Харрингтона. В качестве пороговых значений частных функций желательности были заданы параметры $d_0 = 0,367879$ и $d_1 = 0,8001$, соответствующие нижней границе приемлемости (3,5 балла) и уровню оценки «очень хорошо» (4,0 балла) соответственно. Графическое представление функции желательности, адаптированной к исследуемым системам, приведено на рисунке 3.38.

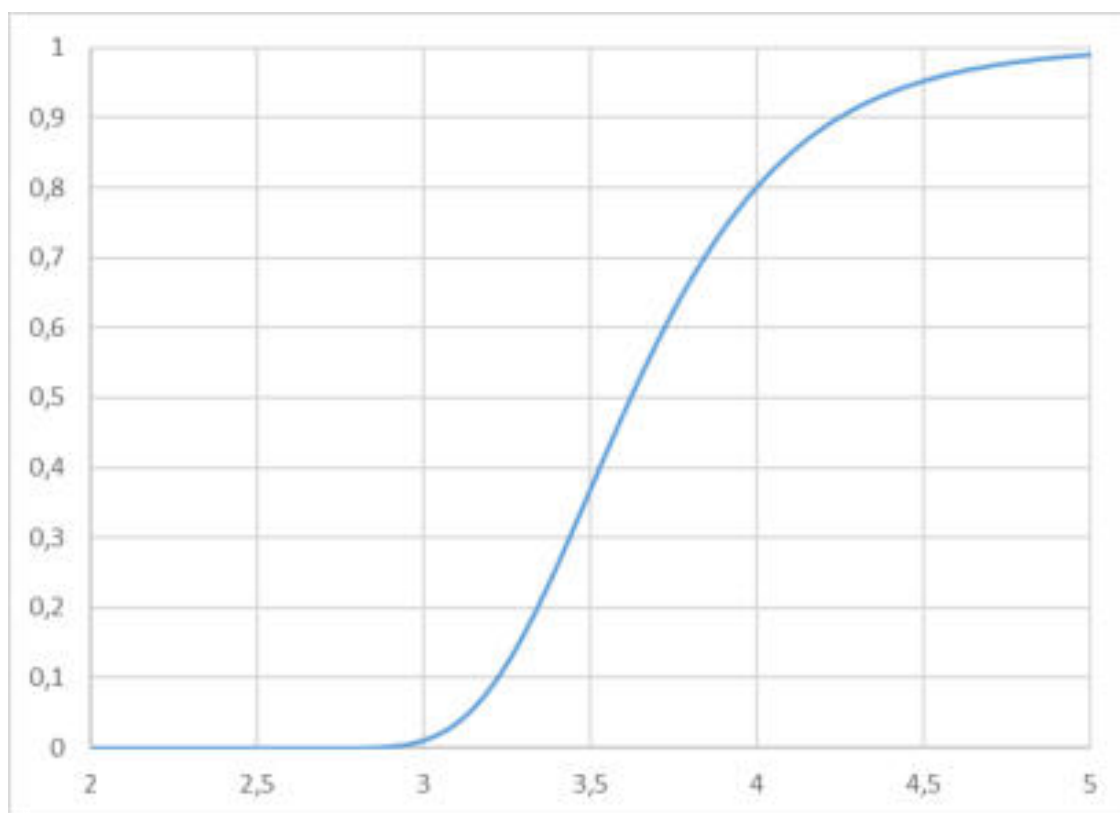


Рисунок 3.41 – Экспериментальные данные функции желательности

Для каждого экспериментального образца по каждому из анализируемых показателей, представленных в соответствующей таблице, были рассчитаны индивидуальные значения частных функций желательности. На следующем этапе для каждого образца определяли среднее геометрическое значение, которое рассматривалось в качестве интегрального показателя, характеризующего обобщённую функцию желательности.

Таблица 3.12 – Значения функции желательности Харрингтона

№	Бальная оценка				D				D _{ср}
	К	В	З	Ц	К	В	З	Ц	
1.1	3,8	3,8	4,0	3,8	0,666012	0,666012	0,8001	0,666012	0,697265
1.2	4,0	3,6	3,6	3,4	0,8001	0,476759	0,476759	0,259242	0,465974
1.3	2,8	3,0	3,2	4,0	0,000282	0,011289	0,085406	0,8001	0,021606
1.4	2,6	2,6	3,2	3,4	3,4E-07	3,4E-07	0,085406	0,259242	0,000225
1.5	2,4	2,6	3,2	3,4	1,63E-12	3,4E-07	0,085406	0,259242	1,05E-05
1.6	2,0	2,0	3,4	3,4	7,04E-40	7,04E-40	0,259242	0,259242	1,35E-20
1.7	3,0	2,8	3,0	3,0	0,011289	0,000282	0,011289	0,011289	0,00449
1.8	2,2	3,2	3,6	2,6	3,29E-22	0,085406	0,476759	3,4E-07	4,62E-08
2.1	2,8	3,2	3,6	4,0	0,000282	0,085406	0,476759	0,8001	0,055078
2.2	2,6	2,4	3,4	2,6	3,4E-07	1,63E-12	0,259242	3,4E-07	4,7E-07
2.3	3,0	3,4	3,6	3,4	0,011289	0,259242	0,476759	0,259242	0,137908
2.4	3,6	2,8	3,6	3,6	0,476759	0,000282	0,476759	0,476759	0,074383
2.5	3,2	2,8	3,4	3,2	0,085406	0,000282	0,259242	0,085406	0,027034
2.6	3,2	2,8	3,2	3,4	0,085406	0,000282	0,085406	0,259242	0,027034
3.1	3,0	3,6	3,6	3,4	0,011289	0,476759	0,476759	0,259242	0,160598
3.2	2,2	2,4	3,2	3,4	3,29E-22	1,63E-12	0,085406	0,259242	1,86E-09
3.3	2,8	3,0	3,6	3,0	0,000282	0,011289	0,476759	0,011289	0,011446
3.4	2,2	3,2	3,2	3,2	3,29E-22	0,085406	0,085406	0,085406	6,73E-07
3.5	2,8	3,6	4,0	3,6	0,000282	0,476759	0,8001	0,476759	0,084661
3.6	3,4	3,6	3,2	3,4	0,259242	0,476759	0,085406	0,259242	0,228717
4.1	3,0	3,2	3,4	4,0	0,011289	0,085406	0,259242	0,8001	0,118918
4.2	2,6	3,2	3,2	3,0	3,4E-07	0,085406	0,085406	0,011289	0,002301
4.3	2,8	2,8	3,6	3,4	0,000282	0,000282	0,476759	0,259242	0,009965
4.4	4,0	3,8	4,0	4,0	0,8001	0,666012	0,8001	0,8001	0,764238
4.5	3,8	3,4	4,0	4,0	0,666012	0,259242	0,8001	0,8001	0,576592
4.6	2,2	2,4	3,0	2,8	3,29E-22	1,63E-12	0,011289	0,000282	2,03E-10
5.1	2,8	2,0	3,2	3,0	0,000282	7,04E-40	0,085406	0,011289	3,72E-12
5.2	2,0	2,4	2,6	3,8	7,04E-40	1,63E-12	3,4E-07	0,666012	4,02E-15
5.3	2,6	2,4	3,0	2,8	3,4E-07	1,63E-12	0,011289	0,000282	1,15E-06
5.4	1,8	1,2	2,8	2,6	4,41E-72	0	0,000282	3,4E-07	0
5.5	1,0	1,4	2,4	2,4	0	1E-237	1,63E-12	1,63E-12	0
5.6	1,0	1,8	2,8	2,4	0	4,41E-72	0,000282	1,63E-12	0

Расчётные данные представлены в таблице 1.12, где К — показатель консистенции, В — вкусовые характеристики, З — аромат, Ц — цвет, D — обобщённая функция желательности. По результатам комплексной многокритериальной оценки установлено, что образец 4.4 характеризуется наилучшим сочетанием органолептических и структурно-механических показателей и, следовательно, может быть принят в качестве оптимального варианта рецептурного состава, обеспечивающего формирование заданной киселеобразной консистенции (таблица 3.12).

3.11 Разработка технологии напитка с киселеобразной консистенцией

Финальным этапом проведения работы стало разработка технологической схемы производства напитка. В емкости с пектином вносили заранее подогретую дистиллированную воду до температуры 60 °С, далее поддерживали температуру смеси на водяной бане в течении 30 минут постоянно помешивая. После смесь воды и пектина охладили до 40 °С и добавляли топленое молоко такой же температуры. Смесь воды, пектина и топленого молока держали на водяной бане 30 минут при 40 °С и постоянно перемешивали.

Далее вносили МГО и тщательно перемешивали, спустя 15 минут вносили псиллиум и перемешивали. Следующим этапом проводилась пастеризация смеси при температуре (80 ± 2) °С. Конечную смесь отправляли в холодильную камеру при температуре (4 ± 2) °С и упаковывали. Технологическая схема производства напитка представлена на рисунке 3.43.

На напиток молочный с мукой грецкого ореха «КИСЕЛАКТИС» получены технические условия (Приложение Б) и проведено внедрение на производство (Приложение В).

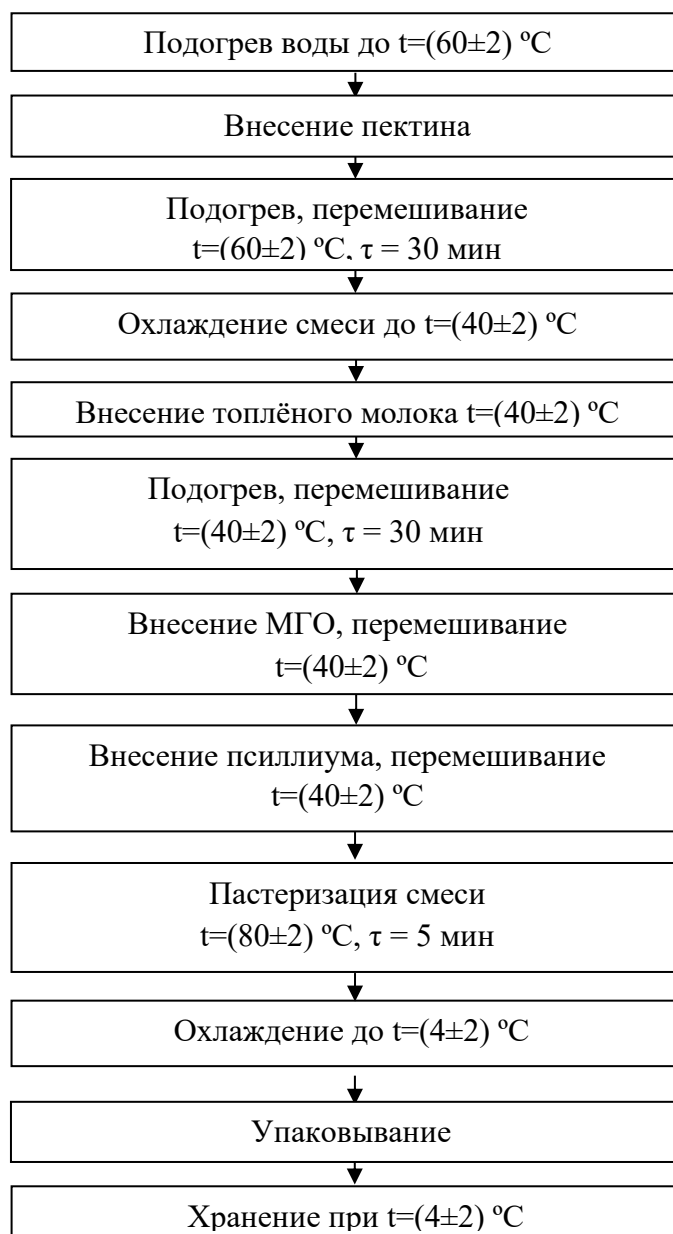


Рисунок 3.42 – Технологическая схема производства напитка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Систематизированы данные в области состояния рынка напитков киселеобразной консистенции, технологически необходимых добавок для достижения данной структуры и обоснована необходимость разработки напитков с пониженным содержанием сахара.

В ходе экспериментальных исследований была обоснована рациональная дозировка муки грецкого ореха, пектина и псиллиума при их совместном введении в состав поликомпонентной молочной системы. Оптимизация количественного соотношения указанных ингредиентов осуществлялась на основании анализа показателей активной и титруемой кислотности, а также комплексной органолептической оценки полученных образцов.

В процессе структурной стабилизации дисперсной молочной системы, содержащей муку грецкого ореха, при введении псиллиума было выявлено выраженное неаддитивное проявление реологических свойств в присутствии ионов кальция, являющихся нативным компонентом молочной матрицы. Установленный эффект свидетельствует о наличии сложных ионно-полимерных взаимодействий, приводящих к нелинейному изменению структурно-механических характеристик системы. Данное обстоятельство обусловило целесообразность введения в рецептурный состав низкоэтерифицированного пектина, выполняющего функцию дополнительного структурообразующего агента, частично нивелирующего влияние поливалентных катионов на процессы гелеобразования. Выявленное многофакторное поведение трёхкомпонентной системы «молочная основа – мука грецкого ореха – пектин» указывает, с одной стороны, на необходимость её дальнейшего углублённого изучения с целью экспериментальной верификации предложенных в работе теоретических положений и гипотез, а с другой — позволяет рассматривать возможности целенаправленной ингредиентной модификации системы для управления её реологическими параметрами

Экспериментально подтверждено, что увеличение массовой доли муки грецкого ореха приводит к усилению неаддитивного характера реологического отклика системы на изменение концентрации основного полисахаридного

компонента — псиллиума. Для поликомпонентной системы «молочная основа — пектин — псиллиум — мука грецкого ореха» была определена эмпирическая константа, характеризующая взаимосвязь оптимальных массовых долей муки грецкого ореха и псиллиума в области формирования устойчивого структурного состояния, значение которой составляет 1,1.

Определена математическая зависимость критической массовой доли пектина от массовой доли МГО для эмпирического подбора массовой доли псиллиума в системе молоко-МГО-пектин.

Разработан документ по стандартизации на молочный напиток «Киселактис» без добавления сахарозы и крахмала и проведено промышленное внедрение разработанной технологии на предприятиях молочной отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Agarkov N.M., Titov A.A., Korneeva S.I., Kolomiets V.I., Aksenov V.V., Kolpina L.V. Metabolic syndrome as an actual health problem (analytical review) // HEALTH CARE OF THE RUSSIAN FEDERATION. — 2023. — Т. 67. — № 2. — С. 136-141.
2. Kuntsevich A.K. The risk of metabolic syndrome and nutrition // Obesity and metabolism. — 2015. — Т. 12. — № 1. — С. 3-10.
3. Napolsky I.N., Popova P.V. Personalized Nutrition for the Prevention and Treatment of Metabolic Diseases: Opportunities and Perspectives // Russian Journal for Personalized Medicine. — 2022. — Т. 2. — Personalized Nutrition for the Prevention and Treatment of Metabolic Diseases. — № 1. — С. 15-34.
4. Chumakova G.A., Kuznetsova T.Yu., Druzhilov M.A., Gritsenko O.V. Metabolic health of the population: a modern view of the problem and solutions // Russian Journal of Cardiology. — 2024. — Т. 29. — Metabolic health of the population. — № 5. — С. 5896.
5. Podzolkov V.I., Korolyova T.V., Kudryavtseva M.G. Abnormal values of trace elements and blood metals in patients with metabolic syndrome, depending on its components // Terapevticheskii arkhiv. — 2019. — Т. 91. — № 10. — С. 70-75.
6. Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Bolotova N.V., Filina N.Yu., Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Simakova I.V., Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Petrukhina E.A., Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky Role of micro- and macronutrients in metabolic disorders development in childhood. An endocrinologist's view // Practical medicine. — 2021. — Т. 19. — № 5. — С. 21-26.
7. Sokolov A.Yu., Akimova N.A. Managing the Quality of Concentrated Kissels for Professional Nutrition // Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics. — 2020. — Т. 17. — № 6. — С. 208-214.
8. Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Sharafetdinov Kh.Kh., Zeygarnik M.V., N.I.Pirogov Russian National Medical University, Kaganov B.S., National Association of Dietitians and Nutritionists, Safronova

- A.N., Russian Medical Academy of Post-Graduate Education, Moscow, Russian Federation, Yudochkin A.V., Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Zuglova E.A., Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow Metabolic syndrome: modern ideas, diagnostic criteria and principles of diet therapy // *Voprosy dietologii*. — 2015. — T. 5. — Metabolic syndrome. — № 4. — C. 4-13.
9. Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Sharafetdinov Kh.Kh., Zeygarnik M.V., N.I.Pirogov Russian National Medical University, Kaganov B.S., National Association of Dietitians and Nutritionists, Safronova A.N., Russian Medical Academy of Post-Graduate Education, Moscow, Russian Federation, Yudochkin A.V., Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Zuglova E.A., Research Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow Metabolic syndrome: modern ideas, diagnostic criteria and principles of diet therapy // *Voprosy dietologii*. — 2015. — T. 5. — Metabolic syndrome. — № 4. — C. 4-13.
10. Volek J.S., Feinman R.D. Carbohydrate restriction improves the features of Metabolic Syndrome. Metabolic Syndrome may be defined by the response to carbohydrate restriction // *Nutrition & Metabolism*. — 2005. — Vol. 2. — No. 1. — P. 31.
11. Malik V.S., Popkin B.M., Bray G.A., Després J.-P., Willett W.C., Hu F.B. Sugar-Sweetened Beverages and Risk of Metabolic Syndrome and Type 2 Diabetes // *Diabetes Care*. — 2010. — Vol. 33. — No. 11. — P. 2477-2483.
12. Deshpande G., Mapanga R.F., Essop M.F. Frequent Sugar-Sweetened Beverage Consumption and the Onset of Cardiometabolic Diseases: Cause for Concern? // *Journal of the Endocrine Society*. — 2017. — Vol. 1. — Frequent Sugar-Sweetened Beverage Consumption and the Onset of Cardiometabolic Diseases. — No. 11. — P. 1372-1385.
13. Chen L., Wu W., Zhang N., Bak K., Zang Y., Fu Y. Sugar reduction in beverages: Current trends and new perspectives from sensory and health viewpoints. // *Food Res Int*. — Vol. 162(Pt B):112076. — No. 2022 Dec.

14. Yashin A.N., Petrov A.N. The relevance of the development of food products enriched with trace elements for diet therapy in cardiovascular diseases // Food systems. — 2023. — Т. 6. — № 3. — С. 272-278.
15. Зобкова З.С., Лазарева Е.Г. Оценка антиоксидантных свойств обогащенного кисломолочного продукта с повышенной биологической ценностью: EDN WYUМHC // Пищевая промышленность. — 2021. — Т. №8. — С. 51-53.
17. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В., Тутельян В.А. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. — 2017. — Т. №4.
18. Быковская Е.И., Минакова И.В. Обогащение продуктов питания белками, микронутриентами как основа оптимизации рациона питания населения // Молодежь и XXI век - 2019 материалы IX Международной молодежной научной конференции. — Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2019. — Т. 3. — С. 215-219.
19. Майтаков А.Л., Берязева Л.Н., Ветрова Н.Т., Плотников К.Б. Получение гранулированных быстрорастворимых киселей на основе молочной сыворотки и растительного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2020. — № № 2-3(374-375). — С. 38-42.
20. Руководство ВОЗ по потреблению сахаров. — URL: <https://www.who.int/ru/news/item/04-03-2015-who-calls-on-countries-to-reduce-sugars-intake-among-adults-and-children>.
21. Коновалова О.В., Попов А.А., Гурин В.В. КИСЕЛИ В ЛЕЧЕБНО – ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ // Современные наукоемкие технологии. — 2004. — № № 3. — С. С. 75-76.
22. Wanders A., van den Borne J., de Graaf C., Hulshof T., Jonathan M., Kristensen M., Mars M., Schols H., Feskens E. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. // Obes Rev. — Vol. 12(9):724-39. — No. 2011 Sep.
23. Lambeau K.V.D., McRorie J.W.Jr.P. Fiber supplements and clinically proven health benefits: How to recognize and recommend an effective fiber therapy. — 2017. — Vol.

Journal of the American Association of Nurse Practitioners. — No. 29(4). — P. 216-223.

24. Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics, Nedelko A.Yu., Tretyak O.A., Faculty of Business and Management, National Research University Higher School of Economics Consumer Orientation toward Healthy Foods: Literature Review and a Model of Market Players Coordination // Russian Management Journal. — 2019. — Т. 17. — Consumer Orientation toward Healthy Foods. — № 2. — С. 203-232.

25. Юдин С.А. рекламное продвижение на рынке здорового питания // Молодёжь третьего тысячелетия : Сборник научных статей XLVII региональной студенческой научно-практической конференции. — 2023. — Т. В 2-х частях, Том часть 1. — № Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. — С. 841-843.

26. Яшин А.Н., Агаркова Е.Ю. Кисель с низким гликемическим индексом. Обзор рынка РФ // Поландовские чтения: Сборник материалов VI международной научно-практической молодежной конференции. — Москва: ООО «Белый Ветер», Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, 2024. — С. 159-165.

27. Горбатова К. К., П. И. Гунькова; под общ. Ред. К. К. Горбатовой Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. — 4-е изд., перераб. И доп. — СПб.: ГИОРД, 2010. — 336 с. : ил. с.

28. Górńska-Warsewicz H., Rejman K., Laskowski W., Czeczotko M. Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet // Nutrients. — 2019. — Vol. 11. — No. 8. — P. 1771.

29. Thorning T.K., Raben A., Tholstrup T., Soedamah-Muthu S.S., Givens I., Astrup A. Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence // Food & Nutrition Research. — 2016. — Vol. 60. — Milk and dairy products. — No. 1. — P. 32527.

30. Kudrina M., Kogevnikova I., Khudyakova N. NUTRITIONAL VALUE OF COW'S MILK // Bulletin of KSAU. — 2025. — Т. 0. — № 12. — С. 229-236.

31. Донская Г.А. Антиоксидантные свойства молока и молочных продуктов: обзор // Пищевая промышленность. — 2020. — № 12.
32. Горбатова К.К., Гунькова П.И. Биология молока и молочных продуктов: учебник. — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: ГИОРД, 2010. — 336 с.
33. All-Russian Dairy Research Institute Ideas of academician Vladimir Dmitrievich Kharitonov in scientific technologies of milk processing: collective monograph. Ideas of academician Vladimir Dmitrievich Kharitonov in scientific technologies of milk processing. — All-Russian Dairy Research Institute, 2021.
34. Догарева Н.Г., Клычкова М.В. Физико-химические и биохимические процессы при производстве и хранении молочных продуктов: учебное пособие. — Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ОГУ, 2019. — 181 с.
35. Yurova E.A., Filchakova S.A., Ananyeva N.V. MILK AS A BASIS FOR SPECIALIZED FOOD PRODUCTS WITH IMPROVED NUTRITIONAL PROPERTIES // Bulletin of KSAU. — 2022. — № 5. — С. 206-215.
36. Galstyan A.G., Aksyonova L.M., Lisitsyn A.B., Oganesyants L.A., Petrov A.N. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high-quality food products // Вестник Российской академии наук. — 2019. — Т. 89. — № 5. — С. 539-542.
37. Kruchinin A.G., Illarionova E.E., Bigaeva A.V., Turovskaya S.N. THE ROLE OF DRY MILK TECHNOLOGICAL PROPERTIES IN FORMING THE QUALITY OF FOOD SYSTEMS // Bulletin of KSAU. — 2020. — № 8. — С. 166-173.
38. Kruchinin A.G., Illarionova E.E., Bigaeva A.V., Turovskaya S.N. THE ROLE OF DRY MILK TECHNOLOGICAL PROPERTIES IN FORMING THE QUALITY OF FOOD SYSTEMS // Bulletin of KSAU. — 2020. — № 8. — С. 166-173.
39. Chuvash State Agrarian University, Cheboksary 428003, Chuvash Republic, Russian Federation, Larionov G.A., Efimov A.V., Chuvash State Agrarian University, Cheboksary 428003, Chuvash Republic, Russian Federation, Checheneshkina O.Y., Chuvash State Agrarian University, Cheboksary 428003, Chuvash Republic, Russian Federation PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND MICROBIOLOGICAL

SAFETY OF MILK AND DAIRY PRODUCTS // Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology. — 2023. — Т. 3. — № 47. — С. 286-292.

40. All-Russian Dairy Research Institute, Kruchinin A.G., Bigaeva A.V., All-Russian Dairy Research Institute, Gilmanov Kh.Kh., All-Russian Dairy Research Institute THE EFFECT OF CASEIN FRACTIONAL COMPOSITION ON RAW MILK TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS // Actual issues of the dairy industry, intersectoral technologies and quality management systems/ ред. A.G. Galstyan. — All-Russian Dairy Research Institute, 2020. — С. 292-297.

41. Назаров В.В. Экспериментальное определение реологических свойств пастеризованного молока жирностью 2,5% // Агроинженерия. — 2009. — № №4.

42. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), Мамонтов А.С., Старовойтова К.В., Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), Терещук Л.В., Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), Тарлюн М.А., Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет) ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА МОЛОЧНО-ЖИРОВЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ // ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ. — 2016. — № 4. — С. 36-42.

43. Kudrina M., Kogevnikova I., Khudyakova N. NUTRITIONAL VALUE OF COW'S MILK // Bulletin of KSAU. — 2025. — Т. 0. — № 12. — С. 229-236.

44. Галстян А.Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов : тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 05.18.04 / А.Г. Галстян. — Москва: ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии, 2009.

45. Saratov State Vavilov Agrarian University, Nepovinnikh N.V. Enlargement of product assortment based on the dairy whey of dietary preventive nutrition // Journal International Academy of Refrigeration. — 2017. — Т. 16. — № 2. — С. 26-30.

46. Забодалова Л.А. Технология молочных продуктов: современность и перспективы // Вестник МАХ. — 2013. — Т. №2.

47. Biglarian N., Rafe A., Shahidi S.-A., Lorenzo J.M. Rheological, textural and structural properties of dairy cream as affected by some natural stabilizers // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. — 2022. — Vol. 9. — No. 1. — P. 96.
48. Oakenfull D., Nishinari K., Miyoshi E. A comparative study of milk gels formed with κ -carrageenan or low-methoxy pectin // Hydrocolloids, Elsevier Science. — 2000. — P. 153-163.
49. All-Russian Dairy Research Institute, Ryabova A.E., Pryanichnikova N.S., All-Russian Dairy Research Institute, Khurshudyan S.A., All-Russian Dairy Research Institute Dairy industry of Russia: realities in the historical context. Dairy industry of Russia. — All-Russian Dairy Research Institute, 2022.
50. Шляпин А.Ф. Разработка и оценка качества функциональных быстрорастворимых киселей : диссертация и автореферат по ВАК РФ на соискание степени кандидата технических наук / А.Ф. Шляпин. — Кемерово: ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 2012.
51. Fratelli C., Santos F.G., Muniz D.G., Habu S., Braga A.R.C., Capriles V.D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread // Foods. — 2021. — Т. 10. — № 5. — С. 954.
52. Крючкова К.В., Забодалова Л.А. Исследование возможности применения злаковой и молочно-злаковой дисперсий в производстве пресных и ферментированных напитков // Пищевая промышленность. — 2018. — № №9.
53. Кузнецова А.А., Исмаилова А.И., Тарасова А.В. Функциональные молочные продукты, обогащенные нетрадиционными растительными компонентами // МНИЖ. — 2016. — Т. №6-2 (48). — С. 72-74.
54. Пустобаева З.В., Гумарова Ф.Х., Ахметова Г.К. Новые технологии кисломолочных продуктов с пророщенными зернами // Молодой ученый. — 2015. — Т. 3. — № №6(86). — С. 50-53.
55. Мусина О.Н. Новые молочные продукты для здорового питания // Переработка молока. — Т. №1(195). — № 2016. — С. 32-35.
56. Бугаец И.А. Разработка рецептур и оценка потребительских свойств концентратов киселей плодово-ягодных функционального назначения :

Автореферат на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / И.А. Бугаец. — Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2008.

57. Мелешкина Л.Е., Снегирева А.В. Производство пищевых концентратов киселей на основе зернового сырья // Пищевая промышленность. — 2010. — № №2.

58. Каталог крупнейших производителей псиллиума из России. — URL: <https://b2b-postavki.ru/proizvoditel/psillium-russia.html?ysclid=mbw8bh9goo325722558>.

59. Афанасьева М.М., Широкова Н.В. Актуальность использования растительных ингредиентов в технологии кисломолочного продукта // Инновационные технологии продуктов питания и кормов: материалы международной научно-практической конференции,. — пос. Персиановский: пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», 2021. — С. 6-9.

60. Корниенко П.С. Сравнительный анализ состояния и распространения ореха грецкого в мире, а также проблематика его поделывания в России. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. — 2022. — № №29 (192).

61. Сокол Н.В., Хатко З.Н., Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Состояние рынка пектина в России и за рубежом // Новые технологии. — 2008. — Т. №6.

62. Садуакас А.С., Нурыш А.Б., Султанова М.Ж., Абдрахманов Х.А., Акжанов Н. Исследование химических особенностей и витаминного состава околоплодника грецкого ореха // Известия НВ АУК. — 2022. — Т. №3(67).

63. Красина И. Б., Сквиря М. А., Прудникова Т. Н., Пушкова Е. Н. Листья грецкого ореха - перспективное йодсодержащее сырье для кондитерской промышленности. // Известия вузов. Пищевая технология. — 2007. — № №4.

64. Naumova N.L., Kameneva K.S., Shchev'eva K.V. About the possibility of modifying the recipe of bread «fitness» buckwheat by using walnut flour // Innovations and Food Safety. — 2021. — № 1. — С. 25-33.

65. Мусабеева Г, Ш. Перспективы использование грецкого ореха в производстве спредов. // Новая наука: От идеи к результату. — 2016. — № № 6-2(90). — С. С. 147-150.
66. Орлова О.Ю., Насонова Ю.К. Использование грецкого ореха для функционального питания // Научный журнал НИУ ИТМО. — 2014. — Т. Серия "Процессы и аппараты пищевых производств". — № №2.
67. Берзегова А.А. химический состав плодов грецкого ореха // Новые технологии. — 2007. — Т. №4. — С. 42-43.
68. АНТОЧИЙ О.В. БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПИДНО-БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ ГРЕЦКОГО ОРЕХА И ЛЕЩИНЫ И РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ИХ ОСНОВЕ : Автореферат на соискание степени кандидата технических наук по специальности 03.00.0405.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / О.В. АНТОЧИЙ. — Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2004. — 24 с.
69. Султанова М.Ж., Абдрахманов Х.А., Акжанов Н., Садуакас А.С., Нурыш А.Б. Экстракция околоплодника грецкого ореха и характеристика их фенольных соединений // Известия НВ АУК. — 2022. — Т. №3 (67).
70. Крючкова В.А. Грецкий орех // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал.
71. Хуцишвили М.Г., Друкер О.В., Крючкова В.В. МУКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА КАК РАСТИТЕЛЬНЫЙ ИНГРИДИЕНТ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА. — 2017. — № №4-1(26). — С. 127-133.
72. Naumova N.L., Kameneva K.S., Shchev'eva K.V. About the possibility of modifying the recipe of bread «fitness» buckwheat by using walnut flour // Innovations and Food Safety. — 2021. — № 1. — С. 25-33.
73. Шавыркина, Н.А. Изучение процесса сквашивания молока бактериями ацидофильной палочки (*Lactobacillus acidophilus*) при добавлении муки грецкого ореха // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы VIII Всероссийской научно-практической

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. — 2015. — С. 453-457.

74. Almoraie N.M. The Effect of Walnut Flour on the Physical and Sensory Characteristics of Wheat Bread // International Journal of Food Science. — 2019. — Vol. 2019. — P. 1-7.

75. Offia-Olua B.I. Chemical, Functional and Pasting Properties of Wheat (<i>Triticum spp.</i>)-Walnut (<i>Juglans regia</i>) Flour // Food and Nutrition Sciences. — 2014. — Vol. 05. — No. 16. — P. 1591-1604.

76. Agrawal R. Psyllium: A Source of Dietary Fiber // Dietary Fibers/ ed. V. Y. Waisundara. — IntechOpen, 2022. — Psyllium.

77. Белевская И.В., Тащилин И.С., Бетмерзаева М.Р. Псиллиум новое слово в низкоуглеводной безглютеновой выпечке // Качество продукции, технологий и образования: Материалы XIII Международной научно-практической конференции. — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. — С. 164-167.

78. Псиллиум: Изготовление, Показания, Противопоказания, Недостатки. — URL: <https://tfzp.ru/articles/poleznye-stati/psillium-izgotovlenie-pokazaniya-protivopokazaniya-nedostatki>.

79. Waleed M., Saeed F., Afzaal M., Niaz B., Raza M.A., Hussain M., Tufail T., Rasheed A., Ateeq H., Al Jbawi E. Structural and nutritional properties of psyllium husk arabinoxylans with special reference to their antioxidant potential // International Journal of Food Properties. — 2022. — Vol. 25. — No. 1. — P. 2505-2513.

80. Скурихин И.М., Тутельяна В.А. Химический состав российских пищевых продуктов // Большая Российская энциклопедия. — ДеЛи принт, 2002. — С. 235.

81. Anitha S, Ramya HN Physico-chemical and sensory characteristics of psyllium husk powder and pomegranate juice incorporated digestive cookies // Department of Food Science & Technology, College of Agriculture, Hassan, Karnataka, India. — 2020. — Vol. 9(5). — No. JPP. — P. 1073-1078.

82. Смольянова А.П., Волошина М.О., Кудря А.Н., Деева М.О. Использование псиллиума при производстве различных пищевых продуктов // Заметки ученого. — 2021. — Т. №6-1. — С. с.241-244.
83. Plotnikova E.Yu., Gracheva T.Yu., Sinkova M.N., Isakov L.K. The role of dietary fiber in the correction of digestion and constipation of various etiologies // Medical Council. — 2019. — № 14. — С. 99-106.
84. Ramandeep Kaur,, Minaxi Sharma, Cereal polysaccharides as sources of functional ingredient for reformulation of meat products: A review // Journal of Functional Foods,. — 2019. — Т. Volume 62,.
85. Krotova O.E., Polozyuk O.N., Tupolskikhi T.I., Kutz A.A., Stepanova E.N., Petrenko V.S., Kutyga M.A. THE USE OF PSYLLIUM IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL YOGURT // AIC development problems of the region. — 2022. — № 3. — С. 182-187.
86. David W. Everett, Rosalind E. McLeod Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt // International Dairy Journal. — 2005. — Т. Volume 15,. — № Issue 11,. — С. 1175-1183.
87. Figueroa L.E., Genovese D.B. Fruit jellies enriched with dietary fibre: Development and characterization of a novel functional food product // LWT. — 2019. — Vol. Volume 111. — P. 423-428.
88. Noguerol A.T., Igual M.M., Pagan M.J. Developing psyllium fibre gel-based foods: Physicochemical, nutritional, optical and mechanical properties // Food Hydrocolloids. — 2022. — Vol. Volume 122.
89. Zhang Y., Luo Y., Gao B., Yu L. Psyllium: A Nutraceutical and Functional Ingredient in Foods // Annual Review of Food Science and Technology. — 2025. — Vol. 16. — Psyllium. — No. 1. — P. 355-377.
90. Arora S.K. Properties of sweetened milk fortified with dietary fibers // International Journal of Advanced Biochemistry Research. — 2024. — Vol. 8. — No. 7. — P. 86-91.

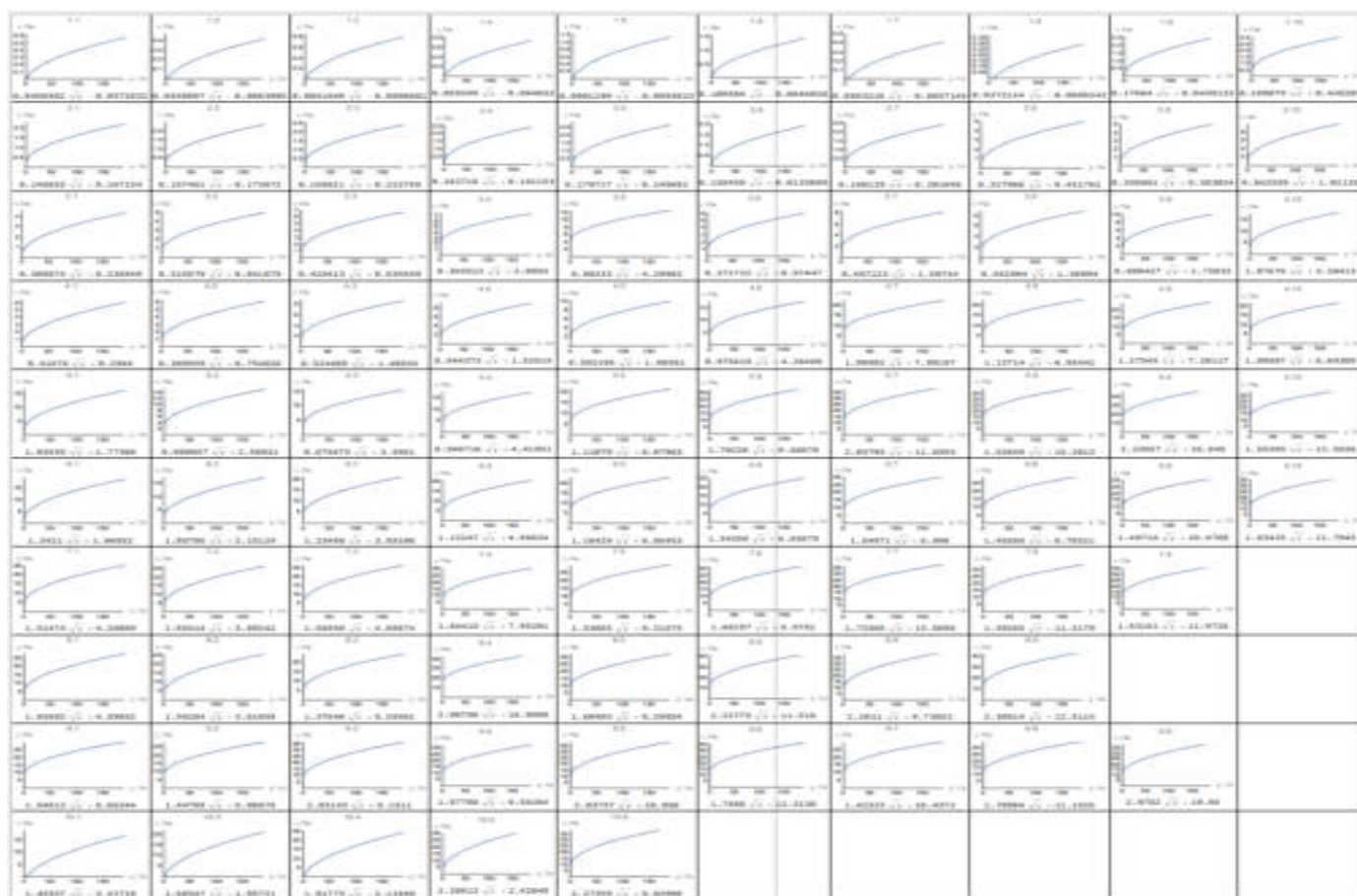
91. Silva Zamora R, Baldelli A, Pratap-Singh A. Characterization of selected dietary fibers microparticles and application of the optimized formulation as a fat replacer in hazelnut spreads. — 2023. — № 165:112466.
92. Fu Q., Cheng J., Shi H., Han M., Chen Q., Song S. Effects of xanthan gum and psyllium husk powder with different ratios on the emulsification and oxidative stability of low-salt myofibrillar protein emulsions prepared by ultrasound // Food Chemistry: X. — 2025. — Vol. 25. — P. 102214.
93. Sakr, H. S. A. A Study on Supplementation of Non-Fat Yoghurt with Psyllium. // Journal of Food and Dairy Sciences. — 2019. — Vol. 10(9). — P. 303-308.
94. Martellet MC, Majolo F, Ducati RG, Volken de Souza CF, Goettert MI Probiotic applications associated with Psyllium fiber as prebiotics geared to a healthy intestinal microbiota: A review. // Nutrition. — 2022. — C. 103-104.
95. Farbo M.G., Fadda C., Marceddu S., Conte P., Del Caro A., Piga A. Improving the quality of dough obtained with old durum wheat using hydrocolloids // Food Hydrocolloids. — 2020. — Vol. 101. — P. 105467.
96. Cheng Z., Blackford J., Wang Q., Yu L. (Lucy) Acid treatment to improve psyllium functionality // Journal of Functional Foods. — 2009. — Vol. 1. — No. 1. — P. 44-49.
97. Liu W, Zhang B, Wang Q, Xie Z, Yao W, Gao X, Yu LL Effects of sulfation on the physicochemical and functional properties of psyllium. — 2010. — No. 13;58(1):172-9.
98. Yuge Niu, Zhuohong Xie, JunJie Hao, WenBing Yao, Jin Yue, Liangli (Lucy) Yu Preparation of succinylated derivatives of psyllium and their physicochemical and bile acid-binding properties // Food Chemistry. — 2012. — Vol. Volume 132. — No. Issue 2. — P. 1025-1032.
99. N. Mallikarjunan, Rajalakshmi Deshpande, Sahayog N. Jamdar Radiation processing of psyllium and its application in development of low glycaemic food // Radiation Physics and Chemistry. — 2021. — No. Volume 186.

100. Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, P'yanykh O.P. The role of psyllium in the treatment of metabolic syndrome // *Endocrinology: News, Opinions, Training*. — 2020. — Т. 9. — № 1. — С. 87-91.
101. Ардатская М.Д. Клиническое применение пищевых волокон : методическое пособие. — Москва: 4ТЕ Арт, 2010.
102. Габриелян Д.С., Неронова Е.Ю., Новокшанова А.Л. Исследование влияния псиллиума на условную и эффективную вязкости творожной сыворотки // *Молочнохозяйственный вестник*. — 2023. — Т. №2(50).
103. All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Pryanichnikova N.S. To special questions of the implementation of Strategy 2030 in the dairy industry // *DAIRY INDUSTRY*. — 2022. — № 9. — С. 10-12.
104. Волошина М.О., Смольянова А.П., Панин Н.П. К вопросу применения псиллиума в производстве киселей // *Современная школа России. Вопросы модернизации*. — 2021. — Т. №3-1(36). — С. 210-271.
105. Heaney RP, Weaver CM Effect of psyllium on absorption of co-ingested calcium. // *Journal of the American Geriatrics Society*. — 1995. — Т. 43(3). — С. 261-263.
106. Fratelli C., Santos F.G., Muniz D.G., Habu S., Braga A.R.C., Capriles V.D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread // *Foods*. — 2021. — Т. 10. — № 5. — С. 954.
107. Elisangela Aparecida Nazario Franco, Ana Sanches-Silva, Regiane Ribeiro-Santos, Nathália Ramos de Melo Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application // *Trends in Food Science & Technology*. — 2020. — Т. Volume 96. — С. 166-175.
108. Pal S., Radavelli-Bagatini S. Effects of psyllium on metabolic syndrome risk factors // *Obes Rev*. — 2012. — No. 13(11):1034-47.
109. Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Коновалов А.И., Выштакалюк А.Б., Цепяева О.В., Миндубаев А.З., Миронова Л.Г., Зобов В.В. Пектины из нетрадиционных источников: технология, структура, свойства и биологическая активность. — Казань: Печать-Сервис-XXI век, 2011. — 224 с.

110. Федосова А.Н., Каледина М.В., Витковская В.П., Донченко Л.В. Использование феномена пектина в молочной отрасли // Молочная промышленность. — 2022. — Т. №7. — С. 38-41.
111. Freitas C.M.P., Coimbra J.S.R., Souza V.G.L., Sousa R.C.S. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review // Coatings. — 2021. — Vol. 11. — Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry. — No. 8. — P. 922.
112. Liu Y., Dong M., Yang Z., Pan S. Anti-diabetic effect of citrus pectin in diabetic rats and potential mechanism via PI3K/Akt signaling pathway. // Int J Biol Macromol. — 2016. — Vol. 89:484-8. — Int J Biol Macromol.
113. AN Fedosova A., Kaledina M., Shevchenko N. The Phenomenon Of Pectin And Its Use In The Dairy Industry // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. — 2018.
114. Хрундин Д.В. Некоторые аспекты применения пектиновых веществ в технологии пищевых производств // Вестник Казанского технологического университета. — 2015. — Т. №24.
115. Naseri A.T., Thibault J.-F., Ralet-Renard M.-C. Citrus pectin: structure and application in acid dairy drinks.
116. Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin // Food Hydrocolloids. — 2003. — T. Volume 17. — № Issue 4. — С. 445-454.
117. Крупин А.В. Анализ влияния пектина на закономерности гидролиза лактозы в связи с производством напитков // Техника и технология пищевых производств. — 2009. — Т. №3. — <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-pektina-na-zakonomernosti-gidroliza-laktozy-v-svyazi-s-proizvodstvom-napitkov> (дата обращения: 16.06.2025).
118. Скапец О.В. Перспективы комплексного использования хитозана и пектина в технологии молочных продуктов // Известия КГТУ. — 2011. — Т. №21. — С. 105-111.
119. Тужилкин В. И, Кочеткова А. А Теория и практика применения пектинов / Тужилкин В. И, Кочеткова А. А // Известия вузов. Пищевая технология. — 1995.

120. Огнева О.А., Пономаренко Л.В., Коваленко М.П. Пектин как полифункциональная добавка при производстве молочных продуктов // Молодой ученый. — 2015. — Т. №15. — № 95. — С. 144-147.
121. Музыка М. Ю, Бутова С. Н, Вольнова Е. Р, Николаева Ю. В АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕКТИНА. — 2020.
122. Hashemi F.S., Taghi Gharibzahedi S.M., Hamishehkar H. The effect of high methoxyl pectin and gellan including psyllium gel on Doogh stability // RSC Advances. — 2015. — Т. 5. — № 53. — С. 42346-42353.
123. О.А. Огнева, Безверхая Н.С. Технология молочных продуктов функционального и специального назначения. КубГАУ. — учебное пособие. — Краснодар: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 2019. — 179 с.
124. Zhebo A.V., Uvarova N.G. QUALITY EVALUATION OF NUT RAW MATERIALS FOR BEVERAGE PRODUCTION // Vestnik of Khabarovsk State University of Economics and Law. — 2020. — № 3. — С. 153-159.
125. Betz Yu.A., Naumova N.L., Minashina I.N. Functional components of non-traditional raw materials in the design of bakery products // Innovations and Food Safety. — 2021. — № 1. — С. 7-13.
126. Болкунов П.С., Мамаев А.В., Родина Н.Д., Сергеева Е.Ю. Кисломолочный напиток с орехами различного происхождения // Евразийский Союз Ученых. — 2015. — Т. №4-11(13).
127. Тренды индустрии: безалкогольные напитки. — URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/education/2024/trendy-industrii-bezalkogolnye-napitki/>.
128. Грецкий раф без сахара «Eleo» 150 г. — URL: https://altay-organic.ru/catalog/napitki_kiel_kofe/gretskiy_raf_bez_sakhara_eleo_150_g/ (дата обращения: 16.06.2025).

129. Ореховый Напиток Borges Natura Грецкий Орех 1л. — URL: <https://megamarket.ru/catalog/details/napitok-borges-na-osnove-greckogo-oreha-i-risa-1l-100027308378/>.
130. Карачевцева Е.А., Тимофеев Т.И., Чиркова Л.А., Ширяев Г.А. молочно-растительный напиток из ядер фундука // Известия вузов. Пищевая технология. — 2008. — Т. №5-6. — С. 65-66.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ФГАНУ «ВНИМИ»)

ОКПД2 10.51.56.120

ОКС 67.100.10 Группа Н17

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГАНУ «ВНИМИ»



А. Г. Галстян

«16» сентября 2025 г.

НАПИТКИ МОЛОЧНЫЕ С МУКОЙ ГРЕЦКОГО ОРЕХА

«КИСЕЛАКТИС»

Технические условия

ТУ 10.51.56-112-00419785-2025

Дата введения в действие – 16.10.2025

РАЗРАБОТАНО

ФГАНУ «ВНИМИ»

Аспирант

А. Н. Яшин

Зав. лабораторией биотехнологии
молока и молочных продуктов

Е. Ю. Агаркова

Инженер-исследователь

С. В. Мотылев

Москва

2025

ООО «ЮЖСКИЙ МОЛОЧНЫЙ ЗАВОД»

Россия, 155630 Ивановский обл., г. Южа, ул. Заводская, д. 3
 ИНН 3706020685, Р/сч. 40702810617000003315 в отделении №8639 ОАО «Сбербанк России» г. Иваново
 Тел./факс – 749347) 2-16-25, E-mail: dubrava@dsn.ru

Утверждаю
 Директор ООО «Южский
 молочный завод»
 С.А. Закочурин

20 октября 2025 г.


Акт внедрения на производство

Комиссия в составе главного технолога ООО «Южский молочный завод» Белова Юрия Анатольевича, технолога ООО «Южский молочный завод» Беловой Олеси Юрьевны, старшего научного сотрудника ФГАНУ «ВНИМИ» Агарковой Евгении Юрьевны, соискателя Яшина Алексея Николаевича составили настоящий акт о том, что в период с 20 октября 2025 г. по настоящую дату проведена апробация нового вида продукта – напиток молочный с мукой грецкого ореха «Киселактис» с массовой долей жира 2,5 % ТУ 10.51.56.120-112-00419785-2025.

Выработанный продукт по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности полностью соответствовал требованиям технических условий.

В суммарном объеме в вышеуказанный период было выработано 3 т продукции.

По результатам апробации руководством предприятия принято решение о включении в план производства напитка молочного с мукой грецкого ореха «Киселактис» с 03 ноября 2025 г.

 Белов Ю.А.
 Белова О.Ю.
 Агаркова Е.Ю.
 Яшин А.Н.