

На правах рукописи

КРАСНОВА ЮЛИЯ ВАЛЕРЬЕВНА

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕКТИН-СЫВОРОТОЧНЫХ
ГЕЛЕЙ**

Специальность 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов
и биологических активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств»

Научный руководитель: **Бутова Светлана Николаевна**
доктор биологических наук, профессор,
академик РАН

Официальные оппоненты: **Волкова Галина Сергеевна**
доктор технических наук, заведующий лабораторией биотехнологии органических кислот, пищевых и кормовых добавок ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

Зайцева Лариса Валентиновна
доктор технических наук, руководитель отдела исследования и разработок специализированных продуктов и компонентов ООО «Восход-М»

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования - филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М Горбатова» РАН

Защита диссертации состоится: «___»_____2020 г. в ___ часов на заседании Совета по защите диссертаций на соискание степени кандидата наук Д 212.148.11 на базе ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11, корп. А.

Отзывы (в двух экземплярах) на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждениями, просим направить в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11. Диссертация размещена в сети интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУПП» <http://www.mgupp.ru/>.

Автореферат размещен на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru/>) и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» (<http://www.mgupp.ru/>).

Автореферат разослан «___»_____ 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Кусова Ирина Урузмаговна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из ключевых задач государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения является обеспечение граждан продуктами функционального назначения, обогащенными незаменимыми компонентами и биологически активными веществами. Особое внимание уделяется экологичным биотехнологическим способам переработки вторичного сырья с целью создания новых функциональных продуктов, удовлетворяющих потребности организма человека. Перспективным источником для создания такой продукции является молочная сыворотка. Молочная сыворотка обладает большим биопотенциалом. Известно, что в состав сывороточных белков входят все незаменимые аминокислоты, их количественное содержание приближено к аминокислотному составу «идеального» белка. Кроме сывороточных белков в ней содержатся молочный жир, небелковые азотистые соединения, соли и микроэлементы, витамины и органические кислоты, ферменты и иммунные тела.

Несмотря на высокую биологическую и пищевую ценность, низкую себестоимость сыворотки, объем ее переработки составляет всего около 30%. Существуют технологии переработки молочной сыворотки, базирующиеся на физических методах с использованием мембранных процессов (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос, электродиализ и пр.), концентрировании и т.д. Однако внедрение данных технологий требует дополнительных затрат, капитальных вложений и переоборудования производства, что весьма проблематично в рамках уже функционирующего предприятия.

Переработка молочной сыворотки с применением биотехнологических методов позволяет избежать потерь ценных питательных веществ, улучшить органолептические и реологические характеристики, снизить содержание лактозы в ней. В работе рассмотрен процесс гидролиза молочной сыворотки с применением фермента β – галактозидазы из бактерий *Bacillus licheniformis*. Преимуществами данного фермента являются термостабильность, более высокая удельная активность и способность работать в широком диапазоне pH в сравнении с ферментами, полученными из дрожжей.

Получение низколактозной молочной сыворотки с применением ферментативной обработки является практически значимым при разработке биотехнологий функциональных продуктов питания, в том числе, для людей, страдающих лактазной недостаточностью.

При производстве функциональных продуктов питания большое внимание уделяется натуральным, безвредным, гипоаллергенным компонентам, обладающим биологической активностью и способным улучшать органолептические свойства продукта. Одним из таких веществ является пектин. Он применяется в пищевой промышленности в качестве загустителя, гелеобразователя, стабилизатора и эмульгатора.

Пектин обладает комплексообразующей способностью, угнетает рост патогенных и условно патогенных микроорганизмов, положительно влияет на жизнедеятельность полезной микрофлоры кишечника, удаляет из организма токсины и радионуклиды, способен блокировать раковые клетки, замедлять их агрегацию и распространение (Gunning A.P., Bongaerts R.J.M., Morris V.J., 2009, Kidd P.M., 1997 и др.). Наличие у одного вещества столь разнообразных качеств, каждое из которых представляет самостоятельный технологический интерес, определяет пектин как биополимер, особенно ценный для применения в технологии функциональных продуктов питания.

Исходя из всего вышеперечисленного актуальной является разработка биотехнологий функциональных продуктов питания на основе пектин-сывороточных гелей.

Степень разработанности проблемы. Проведенные исследования основаны на научно-теоретических трудах и экспериментальных исследованиях ученых: С.Н. Бутовой, Л.В. Донченко, С.Г. Козлова, А.А. Кочетковой, Н.Н. Липатова, О.Я. Мезеновой, П.Г. Нестеренко, А.П. Нечаева, О.В. Тюльпиной, А.Г. Храмова и других ученых, работающих над этой проблемой.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы являлась разработка биотехнологий функциональных продуктов питания на основе пектин-сывороточных гелей.

В рамках поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- 1) определить оптимальные параметры получения низколактозной молочной сыворотки с применением ферментного препарата β -галактозидазы Nola Fit[®] из бактерий *Bacillus licheniformis*;
- 2) исследовать сорбционные свойства пектинов из различных видов растительного сырья и их зависимость от pH среды;
- 3) исследовать антибактериальные свойства пектинов и их зависимость от концентрации пектинового раствора;
- 4) изучить закономерности структурообразования пектин-сывороточных гелей на основе гидролизованной молочной сыворотки;
- 5) изучить особенности старения пектин-сывороточных гелей;
- 6) разработать технологии сокодержавшего низколактозного функционального напитка и низкожирного майонезного соуса, определить соответствие показателей качества разработанной продукции технической документации;
- 7) исследовать изменения свойств сокодержавшего низколактозного функционального напитка и низкожирного майонезного соуса при хранении и установить их сроки годности.

Научная новизна работы. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность и перспективность производства функциональных продуктов с использованием пектин-сывороточных гелей на основе низколактозной молочной сыворотки.

Установлена зависимость сорбционной способности цитрусового, яблочного и черносмородинового пектинов от рН среды по отношению к тяжелым металлам (свинец, кадмий), меди.

Доказано, что яблочный пектин обладает лучшими антибактериальными свойствами по сравнению с цитрусовым и черносмородиновым пектинами. Установлена корреляция между увеличением концентрации пектиновых растворов и угнетением жизнеспособности патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, таких как *P. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *S. viridans*, *B. subtilis*.

Установлены условия влияния активной кислотности среды, концентрации сахарозы и пектина, температуры на физико-химические закономерности структурообразования низколактозной молочной сыворотки с пектинами, позволяющие разрабатывать различные продукты питания с заданными реологическими свойствами.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретические выводы, полученные при изучении процесса ферментативного гидролиза лактозы молочной сыворотки и исследовании изменения свойств пектин-сывороточных гелей под влиянием различных факторов, явились основой для решения задачи по разработке биотехнологий сокосодержащего низколактозного функционального напитка и низкожирного майонезного соуса с использованием пектин-сывороточных гелей на основе гидролизованной молочной сыворотки и яблочного пектина.

Определены технологические параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке ферментным препаратом β – галактозидазы Nola Fit[®] из бактерий *Bacillus licheniformis*.

Разработана техническая документация (технологическая инструкция, технические условия) на низколактозный сокосодержащий функциональный напиток «Пектосомол» и низкожирный майонезный соус «Юливия».

Результаты диссертации апробированы в промышленных условиях. Выработка опытной партии продуктов осуществлялась на производственной площадке ОАО «Дашковка» (Московская обл., г.о. Серпухов, д. Калиново).

Результаты исследований используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Химия природных органических соединений», «Технология биологически активных добавок» учебного плана направления 190302 «Продукты питания из растительного сырья».

Методология и методы исследования. В основе организации и проведении исследований лежат труды российских и зарубежных ученых, направленные на изучение состава и свойств молочной сыворотки и пектинов, условий модификации молочной сыворотки для улучшения ее потребительских свойств.

В работе использовались физико-химические методы для определения свойств и состава изучаемых объектов, включающие метод изучения реологических свойств с применением ротационного вискозиметра «Реотест», метод тонкослойной

хроматографии, а также методы микробиологической и органолептической оценки качества разрабатываемой продукции.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) Способ получения низколактозной молочной сыворотки с применением ферментного препарата β – галактозидазы Nola Fit[®] из бактерий *Bacillus licheniformis*.
- 2) Результаты исследования сорбционной способности и антибактериальных свойств пектинов из различных видов растительного сырья.
- 3) Закономерности изменения свойств низколактозной молочной сыворотки под влиянием пектина и технологических параметров.
- 4) Технология сокодержущего низколактозного функционального напитка.
- 5) Технология низкожирного майонезного соуса.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует пунктам 4, 5, 10 паспорта специальности 05.18.07 – «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ».

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена применением современных физико-химических методов анализа, актом проведения испытания разработанной технологии на производственных мощностях ОАО «Дашковка». Статистическую обработку данных проводили с доверительно вероятностью 0,95 в программе Microsoft Office Excel.

Личный вклад диссертанта заключается в проведении сбора и анализа литературных данных, планировании и реализации научных экспериментов, обобщении результатов исследований и оформлении диссертации, участии в подготовке материалов научных публикаций.

Апробация результатов работы. Результаты исследований были представлены на конференции «Национальная безопасность России» (Москва, 2011 г.), XII Международном форуме «Высокие технологии XXI века (Москва, 2011 г.), IX Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты» (Москва, 2011 г.), V Международной научно-практической конференции «Роль науки в развитии общества» (Ницца, Франция, 2012 г.), Международной научной конференции с элементами научной школы «Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств (Тверь, 2013 г.), XIII Международном биотехнологическом форуме-выставке «РосБиоТех-2019» (Москва, 2019 г.), Международной конференции «Научные исследования стран ШОС: Синергия и интеграция» (Пекин, Китай, 2019 г.).

Получен диплом на конкурсе Рособразования за научную работу на тему: «Получение биопектина из отходов плодово-ягодного и овощного сырья микробиологическим путем и применение его в производстве средств специального назначения», (КубГТУ, 2010 г.).

По результатам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 5 приложений. Основной текст работы изложен на 150 страницах, содержит 18 рисунков и 35 таблиц. Список использованной литературы включает 162 источника.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, определены основные направления реализации цели, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов.

В главе 1 «Обзор литературы» дано описание целевого назначения разработки функциональных продуктов питания и оценка необходимости создания низколактозных продуктов. Представлена характеристика молочной сыворотки и оценка ее биологической ценности. Изложены характеристики фермента β – галактозидазы и его природных источников. Приведены данные отечественных и зарубежных авторов о химической природе пектинов, их физико-химических и технологических свойствах. Рассмотрены основные характеристики, биологическое действие и направления применения пектинов из различного растительного сырья в технологии продуктов функционального питания.

Во главе 2 «Объекты и методы исследования» дано описание объектов исследований, а также методов исследований физико-химических показателей, характеризующих качество и состав пектиновых веществ, эмульсионных продуктов, функциональных напитков, которые приведены в соответствие с ГОСТ 29186-91 «Пектин. Технические условия», ГОСТ Р 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия», ГОСТ Р 56543-2015 «Напитки функциональные. Общие технические условия». Представлены методы анализа сорбционных и антибактериальных свойств пектина. Даны описания методик проведенных экспериментов. Схема исследований представлена на рис. 1.

Глава 3. Результаты экспериментов и их обсуждение

3.1 Исследование параметров получения низколактозной молочной сыворотки

Применение молочной сыворотки ограничивается растворимостью входящей в ее состав лактозы, а наличие лактазной недостаточности у некоторой части населения, обуславливает снижение потребления продуктов переработки молока. Модифицирование молочной сыворотки и придание ей новых свойств позволяет расширить возможности ее практического применения.

В связи с этим, изменение свойств молочной сыворотки путем гидролиза лактозы до моносахаридов, глюкозы и галактозы представляет определенный интерес. Данная модификация позволяет повысить сладость сыворотки, снизить содержание в ней лактозы и уменьшить добавление сахарозы в готовый продукт. Применение ферментных препаратов для гидролиза лактозы в молочной сыворотке является менее затратным с точки зрения аппаратного оформления технологии и качества получаемого продукта и перспективным для молочной промышленности.

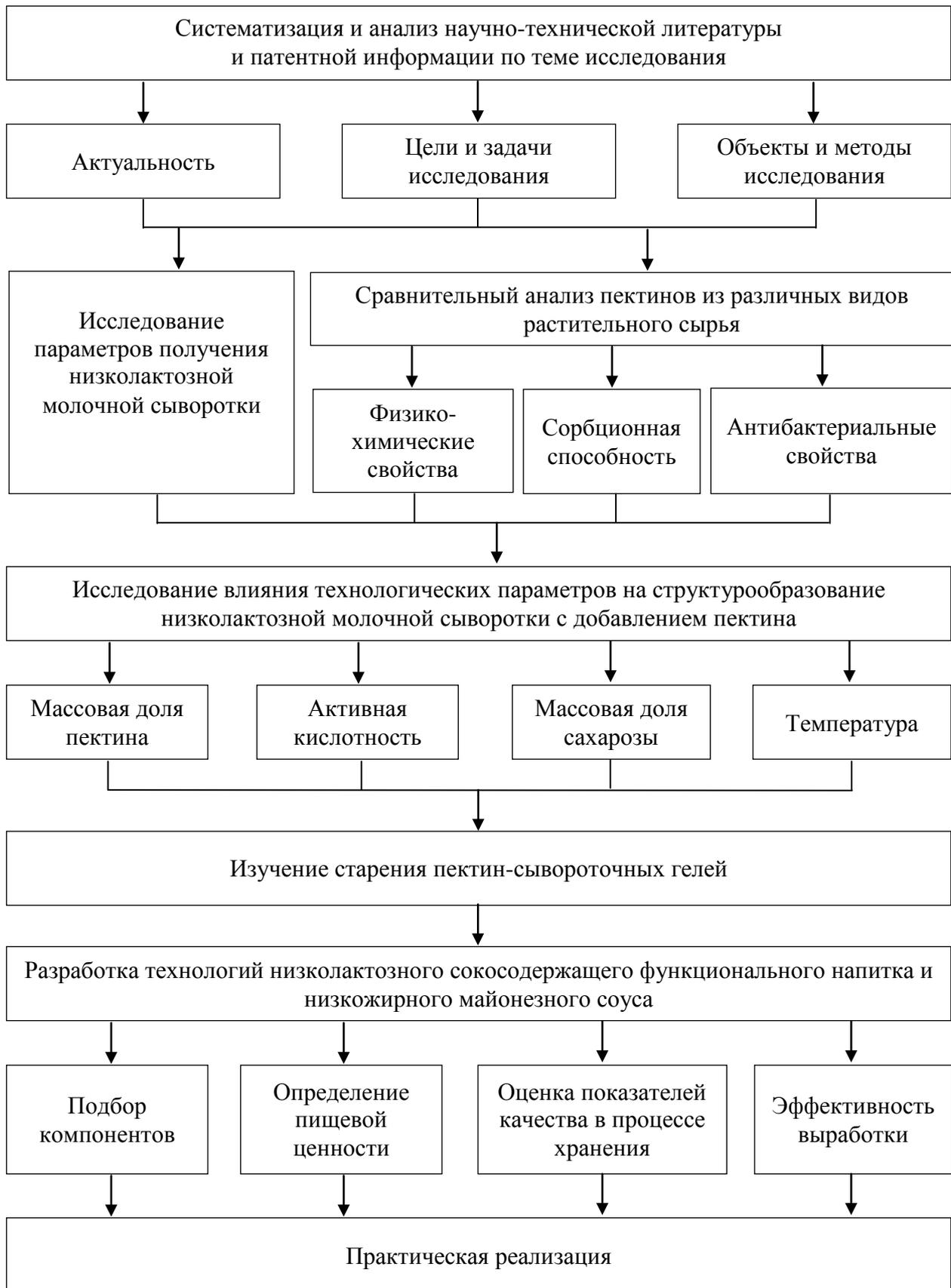


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Для изучения процесса гидролиза лактозы в молочной сыворотке использовали ферментный препарат β – галактозидазы Nola Fit[®], полученный методом глубинной ферментации селекционного штамма *Bacillus licheniformis*.

В ходе изучения процесса гидролиза молочной сыворотки ферментом β – галактозидазы были подобраны параметры гидролиза (температура гидролиза, рН среды, продолжительность гидролиза, концентрация ферментного препарата). Эффективность проведения процесса контролировали по остаточному содержанию лактозы в гидролизате.

Исходя из полученных данных, определены параметры гидролиза молочной сыворотки ферментным препаратом β – галактозидазы Nola Fit[®], активностью 5 500 BLU/г, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные параметры гидролиза лактозы в молочной сыворотке

Параметры			
Концентрация β – галактозидазы, %	рН	Температура, °С	Продолжительность, ч
0,05±0,005	6,0±0,1	40±1	3

Применение способа модификации лактозы с использованием разработанных параметров позволяет получить низколактозную молочную сыворотку с улучшенными свойствами (остаточное содержание лактозы не превышает 0,61%), пригодную для использования в качестве основы функциональных продуктов питания.

3.2 Сравнительная характеристика пектинов из различных видов растительного сырья

Была проведена сравнительная характеристика физико-химических, сорбционных и антибактериальных свойств цитрусового, яблочного и черносмородинового пектинов.

Из таблицы видно, что исследуемые пектины относятся к высокоэтерифицированным, так как имеют степень этерификации более 50%. Для цитрусового пектина характерно большее содержание карбоксильных групп 13,08%, что говорит о его лучшей реакционной способности и должно способствовать более активному гелеобразованию в системе пектин-молочная сыворотка. Для яблочного пектина данное значение составляет 12,05%, пектин черной смородины содержит меньшее количество свободных карбоксильных групп – 11,6%.

На основании изучения сорбционной активности пектинов (рисунок 2) установлено, что яблочный и черносмородиновый пектины обладают большей сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам (свинец, кадмий) и меди по сравнению с цитрусовым пектином. В кислой среде, приближенной к значениям рН желудка, относительно катионов меди и кадмия все пектины имеют практически одинаковую активность.

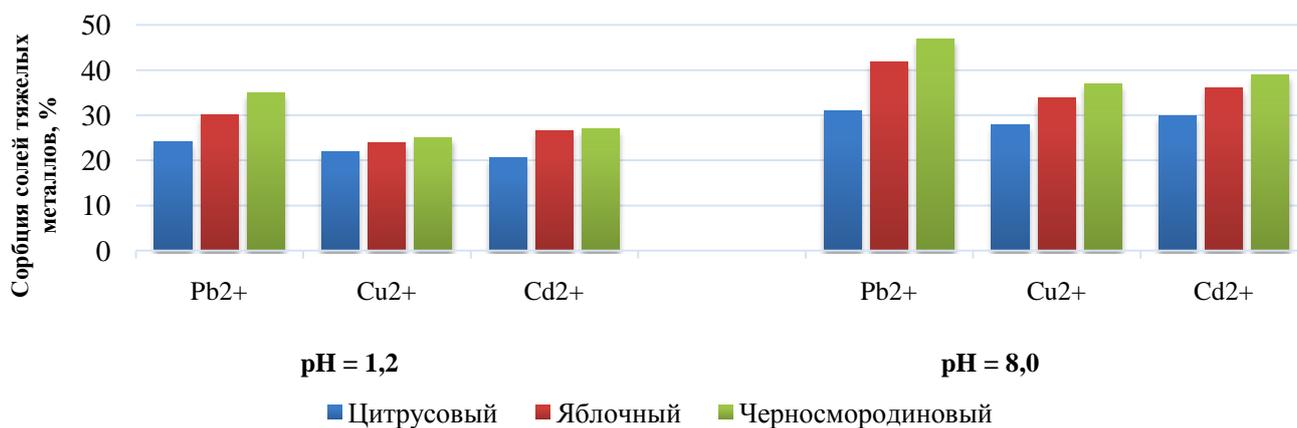


Рисунок 2 – Сорбционная способность пектинов

Наибольшую сорбционную способность относительно катионов свинца пектины проявляют при pH = 8,0 (значение соответствует pH кишечника), что можно объяснить тем, что катионы двухвалентного свинца взаимодействуют помимо карбоксильных групп с оксигруппами макромолекул.

Таким образом, данные о сорбционной способности пектинов свидетельствуют об их способности очищать организм от вредных веществ, что позволяет позиционировать их как профилактическое средство в условиях окружающей среды, загрязненной тяжелыми металлами.

Влияние цитрусового, яблочного и черносмородинового пектинов на патогенные микроорганизмы, вызывающие кишечные инфекции, и условно-патогенные микроорганизмы оценивалось по способности пектинов снижать длительность жизнеспособности микроорганизмов в растворе пектинов и в физиологическом растворе (таблица 2).

Максимальную антибактериальную активность проявил яблочный пектин. При его концентрации в среде 5% в течении 1 – 4 часов полностью теряли жизнеспособность *P. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *S. viridans*, *B. subtilis*. При концентрациях 2,5% и 1% теряли жизнеспособность стрептококки и *B. subtilis*.

Более слабым бактерицидным эффектом обладают цитрусовый и черносмородиновый пектины. Однако потеря жизнеспособности синегнойной палочки *P. aeruginosa* и стрептококков *S. aureus*, *S. viridans* при 5%-ной концентрации цитрусового и черносмородинового пектинов в среде происходила примерно за то же время, что и при той же концентрации яблочного пектина.

Устойчивыми к пектиновым растворам при всех исследуемых концентрациях оказались микроорганизмы *C. albicans*. В 1%-ном растворе пектинов все микроорганизмы были более устойчивы, чем в 2,5%-ной и 5%-ной концентрациях.

В результате проведенных исследований выявлено, что пектины оказывают антибактериальное действие на представителей наиболее распространенных штаммов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Установлено, что яблочный пектин обладает лучшей бактерицидной активностью. На жизнеспособность дрожжей *C. albicans* пектины не влияют.

Таблица 2 – Длительность (в часах) жизнеспособности микроорганизмов в растворах пектинов различной концентрации

Микроорганизмы	Цитрусовый			Яблочный			Черносмородиновый			Контроль (физ. р-р)
	5%	2,5%	1%	5%	2,5%	1%	5%	2,5%	1%	
	рН 3,2	рН 3,4	рН 3,5	рН 3,0	рН 3,2	рН 3,3	рН 3,0	рН 3,2	рН 3,3	рН 7,2
<i>P. vulgaris</i>	>72	>72	>72	4	24	>72	>72	>72	>72	>72
<i>S. aureus</i>	24	>72	>72	24	24	48	48	>72	>72	>72
<i>S. epidermidis</i>	24	48	>72	24	24	24	48	48	>72	>72
<i>P. aeruginosa</i>	2	48	>72	4	24	48	24	48	>72	>72
<i>S. viridans</i>	1	24	48	4	4	4	4	24	48	48
<i>E. faecalis</i>	4	48	>72	24	24	48	24	24	48	>72
<i>E. coli</i>	24	48	>72	24	24	24	24	48	>72	>72
<i>B. subtilis</i>	1	48	48	1	4	4	1	4	48	>72
<i>C. albicans</i>	>72	>72	>72	>72	>72	>72	>72	>72	>72	>72

3.3 Изучение условий структурообразования низколактозных пектин-сывороточных гелей

Исследованы реологические свойства пектин-сывороточных гелей на основе низколактозной молочной сыворотки в зависимости от природы и концентрации пектина, температуры и активной кислотности среды, концентрации в ней сахарозы. На рисунке 3 представлена зависимость предельного напряжения сдвига от концентрации пектина.

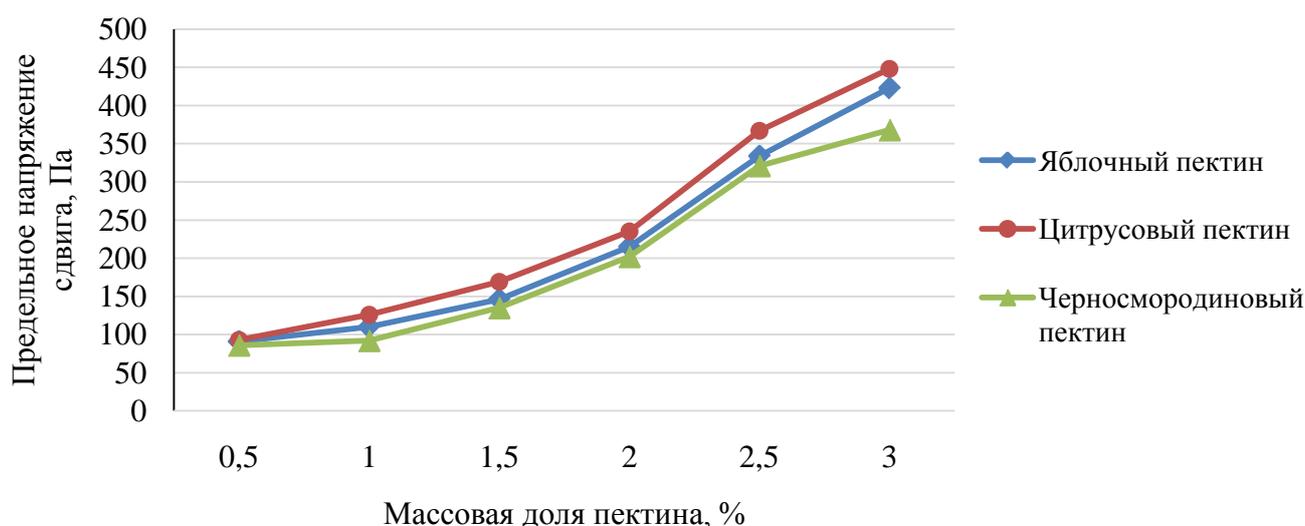


Рисунок 3 – Зависимость предельного напряжения сдвига от концентрации пектина

С увеличением массовой доли пектина происходит повышение прочности пектин-сывороточного геля в 4,1-4,8 раза и достигает максимальных значений в исследуемом диапазоне при концентрации пектинов 3,0%.

Данный эффект можно объяснить взаимодействием свободных реакционных групп пектина и увеличением межмолекулярных взаимодействий за счет наличия в системе сывороточных белков.

Качественное изменение, характеризующееся резким увеличением напряжения сдвига пектин-сывороточных гелей, происходит при концентрации пектинов от 1,5% до 2,5%, и значения напряжения сдвига в указанном диапазоне концентраций увеличиваются в 2,2 раза для цитрусового пектина и в 2,3 раза для яблочного и черносмородинового пектинов.

Лучшую способность к гелеобразованию проявляют цитрусовый и яблочный пектины. Предельное напряжение сдвига пектин-сывороточной системы с использованием цитрусового пектина при концентрации 3,0% равно 448 Па, яблочного пектина при той же концентрации – 423 Па.

Самую низкую гелеобразующую способность проявляет черносмородиновый пектин, что можно объяснить более низким содержанием свободных реакционных групп, способных к формированию структуры, и вероятно его более низкой молекулярной массой. Максимальное значение напряжения сдвига в изучаемом диапазоне концентраций для черносмородинового пектина составляет 368 Па при концентрации 3,0%.

Дальнейшие исследования проводили с применением яблочного пектина, обладающего хорошей способностью к гелеобразованию при наличии выраженного антибактериального действия и способности связывать ионы тяжелых металлов, что немаловажно при разработке функциональных продуктов питания.

Структурирование пектин-сывороточных гелей также зависит от кислотности среды. Данный показатель определяет степень агрегативной устойчивости пектинов и влияет на ионное равновесие и диссоциацию поверхностных групп его молекул. Изучено влияние активной кислотности на предельное напряжение сдвига пектин-сывороточных систем (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние активной кислотности на предельное напряжение сдвига пектин - сывороточного геля с использованием яблочного пектина*

Массовая доля пектина, %	Предельное напряжение сдвига, Па				
	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7
0,5	91	99	114	122	145
1,0	110	129	148	159	172
1,5	186	203	224	231	247
2,0	215	271	318	375	396
2,5	334	364	442	463	513
3,0	423	453	485	503	576

*приведены результаты в виде средних значений, величина доверительных интервалов средних арифметических значений составила 1,0-2,5% при уровне значимости 0,5.

При снижении активной кислотности среды прочность пектин-сывороточных гелей увеличивается, что можно объяснить диссоциацией карбоксильных групп с последующим образованием дополнительных водородных связей, обеспечивающих изменение условий образования гелей в положительную сторону.

Полученные пектин-сывороточные гели с использованием яблочного пектина характеризуются более высокими значениями предельного напряжения сдвига при $pH = 4,7$. Для пектин-сывороточного геля с яблочным пектином повышение концентрации пектина с 0,5 до 3% при $pH = 5,5$ приводило к увеличению напряжения сдвига в 4,27 раза, а при $pH 4,7; 4,9; 5,1; 5,3$ значения напряжений сдвига увеличились в 3,56; 3,95; 4,08 и 4,09 раз, соответственно.

Изучено влияние концентрации сахарозы на свойства пектин-сывороточных гелей. Исследования проводили при концентрации пектина от 0,5% до 3% при $pH = 5,5$. Результаты исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние массовой доли сахарозы на предельное напряжение сдвига пектин-сывороточных гелей при $pH = 5,5^*$

Массовая доля сахарозы, %	Предельное напряжение сдвига (Па) при различной концентрации пектина (%)					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,0	91	110	186	215	334	423
10,0	136	204	271	339	416	479
20,0	167	227	296	351	442	486
30,0	205	243	328	376	472	512
40,0	236	265	348	385	500	546
50,0	267	298	365	401	522	559
60,0	286	315	389	430	545	577

*приведены результаты в виде средних значений, величина доверительных интервалов средних арифметических значений составила 1,0-2,5% при уровне значимости 0,5.

Как видно из полученных данных, повышение концентрации сахарозы влияет на увеличение предельного напряжения сдвига, что, в свою очередь, усиливает процесс структурообразования в пектин-сывороточной системе. Данный эффект можно объяснить тем, что в результате дегидратации пектиновой молекулы сахарозой снижается ее растворимость, происходит межмолекулярное взаимодействие за счет сближения молекул пектина, что приводит к переходу золя в гель и при этом образуется сетка из пектиновых молекул, в которой блокируется сахарный раствор. В результате чего возникают водородные связи между полярными группами сахара, карбоксильными и гидроксильными группами пектиновых молекул.

Проведены исследования влияния температуры на вязкость пектин-сывороточных гелей. Показано, что в результате увеличения температуры с $20^{\circ}C$ до $80^{\circ}C$ происходит снижение эффективной вязкости системы яблочный пектин –

низколактозная молочная сыворотка в 3,18 раза по сравнению с максимальным значением вязкости, полученным при исходной температуре пектин-сывороточного геля +4°C. Это можно объяснить тем, что происходит увеличение энергии активации и числа активных контактов молекул пектина, что приводит к снижению устойчивости адсорбционных гидратных слоев. При температуре близкой к 60°C внешне наблюдалось снижение структурированности системы и проявление тиксотропных свойств пектин-сывороточных гелей.

Изучено влияние продолжительности хранения на прочность пектин-сывороточных гелей при рекомендуемой температуре хранения молочной сыворотки 0-5°C и температуре 20-25°C (рисунок 4).

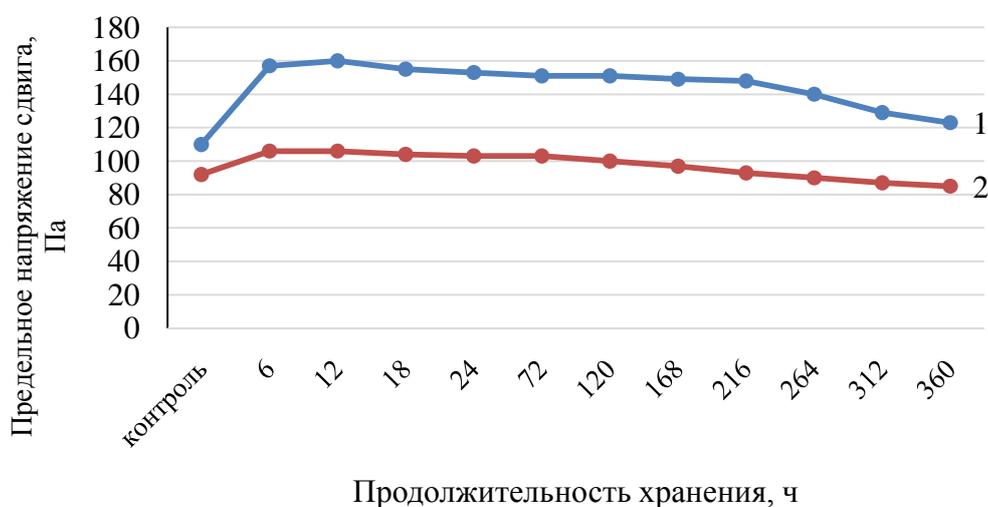


Рисунок 4 – Кинетика изменения предельного напряжения сдвига пектин-сывороточного геля при хранении: 1 – при температуре 0-5°C; 2 – при температуре 20-25°C

В первые сутки хранения до 18 часов значения предельного напряжения сдвига увеличиваются, и происходит увеличение прочности структуры геля на 31,25% при температуре хранения 0-5°C и на 13,2% при 20-25°C, далее происходит стабилизация системы до 216 и 72 часов хранения, соответственно. После достижения указанного времени начинается снижение предельного напряжения сдвига, что можно охарактеризовать началом старения пектин-сывороточного геля.

Увеличение предельного напряжения сдвига в первые часы хранения связано с образованием новых связей между гидратированной молекулой пектина и белками молочной сыворотки, что приводит к образованию пространственных взаимодействий и формированию трехмерного матрикса, в котором происходит насыщение свободных реакционных групп во времени, что приводит к относительной стабилизации системы.

Полученные данные о влиянии технологических параметров на формирование структуры гелеобразных систем на основе низколактозной молочной сыворотки и яблочного пектина могут быть использованы при разработке функциональных продуктов питания с заданными реологическими свойствами.

3.1 Разработка технологии сокосодержащего низколактозного функционального напитка

В настоящее время проблема обеспечения рациона питания функциональными продуктами различной природы является актуальной и востребованной. Повысить пищевую ценность продуктов питания можно за счет создания новых многокомпонентных сбалансированных составов, обогащенных компонентами сырья растительного и животного происхождения.

С целью расширения ассортимента функциональных напитков был разработан сокосодержащий низколактозный напиток на основе гидролизованной молочной сыворотки с внесением яблочного и тыквенного соков. Полезные свойства данного напитка определяются витаминно-минеральным составом соков (таблица 5), питательными компонентами молочной сыворотки, а также добавлением яблочного пектина.

Таблица 5 – Микронутриентный состав соков

Компоненты	Содержание, в 100 г сока из	
	яблок	тыквы
Витамин А, РЭ (мкг)	-	250
Бета каротин, мг	-	1,5
Витамин Е, мг	0,1	0,4
Витамин С, мг	2	8
Витамин В1, мг	0,01	0,05
Витамин В2, мг	0,01	0,06
Витамин В9, мкг	0,1	14,0
Минеральные вещества:		
калий, мг	120	204
кальций, мг	8	25
магний, мг	5	14

Для определения процентного содержания вносимых в сывороточный напиток соков были приготовлены композиции напитков с содержанием яблочного и тыквенного сока – 0-25% в различном соотношении (таблица 6).

Таблица 6 – Варианты рецептов напитков

Наименование компонента	Содержание, %					
	Контроль	1	2	3	4	5
Низколактозная молочная сыворотка	92,26	72,26	72,26	72,26	72,26	72,26
Яблочный сок	-	-	5	10	15	20
Тыквенный сок	-	20	15	10	5	-
Сахар-песок	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Яблочный пектин	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Полученные образцы напитков тестировались на группе людей из 15 человек. Напитки оценивались по 5-ти бальной шкале, тестирование проводилось по основным органолептическим показателям: консистенция, цвет, запах, вкус, сладость.

На рисунке 5 показана диаграмма, отображающая результат тестирования образцов.

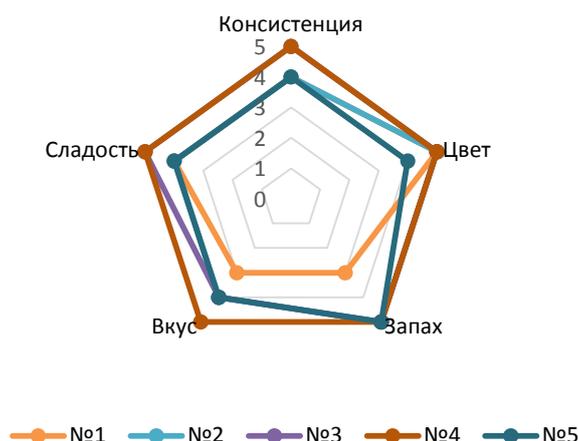


Рисунок 5 – Оценка органолептических характеристик разработанных напитков

В результате тестирования наибольшие оценки получил образец № 4, он превзошёл все другие по одному из важных показателей для напитка, вкусу.

Данный образец низколактозного сывороточного напитка, обогащенного соками яблока и тыквы в соотношении 3:1 был изучен по физико-химическим и микробиологическим показателям, которые представлены в таблицах 7, 8.

Таблица 7 – Физико-химические показатели низколактозного напитка, обогащенного соками яблока и тыквы

Показатель	Фактическое значение
Массовая доля сухих веществ, %	10,0±0,1
Массовая доля жира, %	0,8±0,01
Массовая доля лактозы, %	0,6±0,07
Массовая доля органических кислот, %	0,22±0,01
Кислотность, рН	4,0±0,1
Содержание витамина А, мкг на 100 г	147,9±0,5
Содержание витамина С, мг на 100 г	9,57±0,3
Содержание пектиновых веществ, г на 100 г	1,59±0,19

Таблица 8 – Микробиологические показатели низколактозного напитка, обогащенного соками яблока и тыквы

Показатель	Норма	Фактическое значение
Бактерии группы кишечной палочки в 0,01 г продукта	отсутствие	отсутствует
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1*10 ⁵	1*10 ²
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	отсутствие	отсутствует
<i>S. aureus</i> в 0,1 г	отсутствие	отсутствует
<i>L. monocytogenes</i> в 2,5 г	отсутствие	отсутствует

В разработанном напитке содержится 10% сухих веществ за счет присутствия сахарозы, а также глюкозы и галактозы, образовавшихся после гидролиза лактозы, белков, витаминов, минеральных веществ, органических кислот, которые обуславливают его пищевую ценность. Содержание в одной порции напитка (200 мл) витаминов А и С в количестве более 30% средней суточной потребности взрослого человека в этих витаминах, и пектиновых веществ в количестве более 1,5 г/100 мл, позволяет позиционировать напиток в качестве функционального продукта с высоким содержанием витаминов А и С и дополнительного источника пищевых волокон (Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 022/2011).

По содержанию микроорганизмов напиток соответствует гигиеническим требованиям безопасности пищевых продуктов. Энергетическая и пищевая ценность разработанного напитка представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Энергетическая и пищевая ценность низколактозного сокодержащего функционального напитка в 100 г

Показатель	Фактическое значение
Белки, г	0,49
Жиры, г	0,8
Углеводы, г	8,21
Калорийность, кКал	42
Энергетическая ценность, кДж	176

Технологический процесс производства включает в себя следующие операции: входной контроль сырья, гидролиз молочной сыворотки ферментом β – галактозидазы из бактерий *Bacillus licheniformis* ($c = 0,05\%$; $pH = 6$; $t = 40^\circ C$; $\tau = 3$ ч), инактивацию фермента ($t = 75^\circ C$), внесение соков, сахара, яблочного пектина, смешивание компонентов ($v = 50$ мин⁻¹, $\tau = 15$ мин), пастеризацию смеси ($t = 80^\circ C$, $\tau = 30$ с), охлаждение ($t = 10^\circ C$), контроль качества нерасфасованного продукта, розлив, доохлаждение ($t = 6^\circ C$), контроль качества готового продукта.

Для установления сроков годности разработанного продукта были изучены микробиологические показатели при хранении при температуре $4 \pm 2^\circ C$.

В результате исследования бактерии группы кишечной палочки, патогенные микроорганизмы, *S. aureus*, *L. monocytogenes* не обнаружены. Общее содержание микроорганизмов увеличивалось, и на 45 сутки значение показателя КМАФАнМ стало больше установленной нормы. Исходя из полученных данных, можно установить срок годности низколактозного сывороточного напитка с учетом коэффициента резерва 1,5 – 30 суток.

3.2 Разработка технологии низкожирного майонезного соуса

При разработке рецептуры низкожирного майонезного соуса с целью получения функционального продукта учитывалась необходимость снижения калорийности конечного продукта при минимальных потерях пищевой ценности продукта. С учетом поставленных задач проведен подбор композиции растительных масел подсолнечного

и льняного, рассмотрена возможность замены яичного порошка, сухого молока и воды на низколактозную молочную сыворотку с добавлением яблочного пектина, изучены условия стабилизации системы для обеспечения срока годности конечного продукта.

На основании проведенных исследований был разработан сбалансированный комплекс растительных масел подсолнечного и льняного с учетом оптимального соотношения $\omega_3 : \omega_6$ полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) – 1:5 – 1:10. Решение задачи по оптимизации состава двухкомпонентной смеси растительных масел осуществлялось методом линейного программирования.

Количество подсолнечного и льняного масел в смеси, исходя из проведенных расчетов, равно 92,4 % и 7,6%, соответственно (соотношение $\omega_3 : \omega_6$ - 1:10).

Проведен анализ показателей качества разработанной смеси масел. Результаты данных в таблице 10.

Таблица 10 – Органолептические и физико-химические показатели смеси подсолнечного и льняного масел

Наименование показателя	Характеристика смеси
Прозрачность	Прозрачное без осадка
Запах и вкус	Без запаха, обезличенный вкус
Цветное число, мг йода	$5 \pm 0,05$
Кислотное число, мг КОН/г	$0,26 \pm 0,01$
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг	$0,56 \pm 0,009$
Теоретическое содержание витамина Е, мг на 100 г	57,4

Была изучена устойчивость к окислению смеси подсолнечного и льняного масел. Исследования проводили в течение 35 суток при температуре 20°C без доступа света. Контроль параметров осуществлялся каждые 5 суток. Данные по изучению стабильности смеси при хранении представлены на рисунке 6.

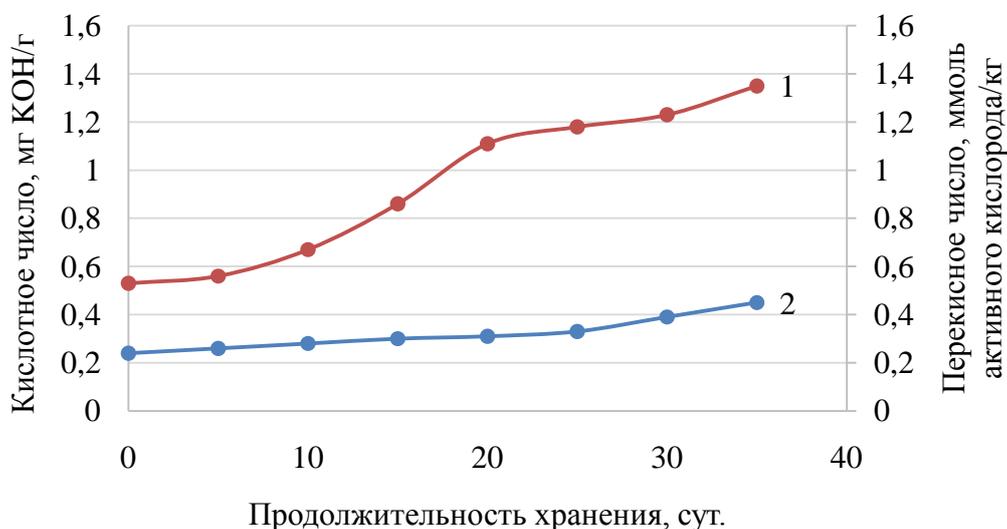


Рисунок 6 – Влияние продолжительности хранения на качественные характеристики смеси масел: 1- перекисное число; 2 – кислотное число

Подобранная смесь растительных масел обладает низкими значениями кислотного и перекисного чисел, а данные по стабильности показателей безопасности при хранении показывают, что смесь устойчива к окислению в процессе хранения, что важно для сохранения качества продуктов, полученных с ее добавлением.

Изучена возможность замены воды, яичного белка и сухого молока на низколактозную молочную сыворотку с добавлением яблочного пектина.

Внесение яблочного пектина в концентрации 2% в низколактозную молочную сыворотку при кислых значениях pH способствует образованию структурированной системы в отсутствие яичного белка и сухого молока. Для стабилизации дисперсной системы и защиты готового продукта от синерезиса был добавлен стабилизатор Авистол® ASTM 40. Стабилизатор постепенно вводили в водную фазу, при постоянном перемешивании в количестве 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1,0%, 1,2%. Полученные эмульсии были исследованы на их стабильность при центрифугировании ($v = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $\tau = 5 \text{ мин}$).

При введении стабилизатора в количестве 0,4%, 0,6%, происходило отделение водной фазы около 5 %. Эмульсии с содержанием стабилизатора в количестве 0,8-1,2% были устойчивы к центрифугированию. Из этого следует, что введение стабилизатора способствовало сорбции молекул воды гидроколлоидами, уменьшению содержания свободных молекул воды в системе и, как следствие, увеличению стабильности эмульсии.

Для повышения пищевой ценности эмульсионного продукта в рецептуру соуса добавили кукурузную муку (ГОСТ 14176-69). Данная мука содержит в себе минералы – магний, калий, кальций, железо, фосфор, витамины А, Е, РР, В1, которые благотворно влияют на работу желудочно-кишечного тракта, нервной и сердечно-сосудистой систем.

Исходя из полученных данных была разработана рецептура низкожирного майонезного соуса на основе низколактозного пектин-сывороточного геля с добавлением кукурузной муки (таблица 11).

Таблица 11 – Рецептура майонезного соуса

Название компонента	Массовая доля, %
Низколактозная молочная сыворотка	76,95
Подсолнечное масло	13,86
Кукурузная мука	4,25
Яблочный пектин	2,0
Льняное масло	1,14
Соль	1,0
Стабилизатор Авистол® ASTM 40	0,8

Полученный образец майонезного соуса был изучен по физико-химическим показателям на соответствие ГОСТ 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные» (таблица 12) и микробиологическим показателям на соответствие ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» (таблица 13).

Разработанный майонезный соус по исследуемым показателям соответствует гигиеническим требованиям безопасности пищевых продуктов.

Таблица 12 – Физико-химические показатели майонезного соуса

Показатель	Фактическое значение
Внешний вид, консистенция	Однородный сметанообразный продукт, слегка тянущийся с единичными пузырьками воздуха
Вкус и запах	Вкус слегка кисловатый, с легким запахом и привкусом молочной сыворотки
Цвет	Белый, однородный по всей массе
Активная кислотность, рН	3,95±0,3
Массовая доля жира, %	15±0,1
Массовая доля влаги, %	76,1±0,3
Кислотность, % в пересчете на уксусную кислоту	0,32±0,1
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	100±3
Содержание витамина Е (Σ токоферолов в пересчете на токоферол ацетат), мг на 100 г	6,7±0,04

Таблица 13 – Микробиологические показатели майонезного соуса

Показатель	Норма	Фактическое значение
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	отсутствие	отсутствует
Бактерии группы кишечной палочки в 0,1 г продукта	отсутствие	отсутствует
Стафилококки <i>S. aureus</i>	отсутствие	отсутствует
Дрожжи, КОЕ/г	не более $5 \cdot 10^2$	отсутствует
Плесени, КОЕ/г	не более 50	отсутствует

Майонезный соус содержит витамин Е в количестве 6,7 мг на 100 г, что составляет 67% от суточной потребности и позволяет позиционировать разработанный соус, как продукт с высоким содержанием витамина Е. В таблице 14 представлены энергетическая и пищевая ценность низкожирного майонезного соуса.

Таблица 14 – Энергетическая и пищевая ценность низкожирного майонезного соуса в 100 г

Показатель	Фактическое значение
Белки, г	0,76
Жиры, г	15
Углеводы, г	4,71
Калорийность, кКал	157
Энергетическая ценность, кДж	657

Технологический процесс производства соуса включает в себя следующие операции: входной контроль сырья; подготовку молочной сыворотки, состоящую из стадий гидролиза молочной сыворотки ферментом β – галактозидазы из бактерий *Bacillus licheniformis* (с = 0,05%; рН = 6; t = 40°C; τ = 3 ч), инактивации фермента (t = 75°C)

и охлаждении ее до 35°C; подготовку смеси стабилизатора, яблочного пектина, кукурузной муки с частью гидролизованной сыворотки ($t = 35^\circ\text{C}$, $v = 50 \text{ мин}^{-1}$, $\tau = 15 \text{ мин}$); смешивание подготовленной пасты с гидролизованной молочной сывороткой и солью ($t = 35^\circ\text{C}$, $v = 50 \text{ мин}^{-1}$, $\tau = 30 \text{ мин}$); нагрев до $t = 50-65^\circ\text{C}$; ввод смеси подсолнечного и льняного масел, гомогенизацию ($t = 50-65^\circ\text{C}$, $v = 1600 \text{ мин}^{-1}$, $\tau = 20-30 \text{ мин}$); охлаждение до $t = 35^\circ\text{C}$; контроль качества нерасфасованного продукта; фасовку; охлаждение до $t = 3-5^\circ\text{C}$; контроль качества готового продукта.

Проведено исследование изменений показателей качества и безопасности разработанного продукта в процессе хранения. Майонезный соус хранили в закрытом виде 35 суток при максимально допустимой температуре хранения +18°C. Контроль качества проводили по значению кислотности и перекисного числа, отбор пробы для анализа проводили каждые 5 суток. На рисунке 7 представлены данные проведенных исследований.

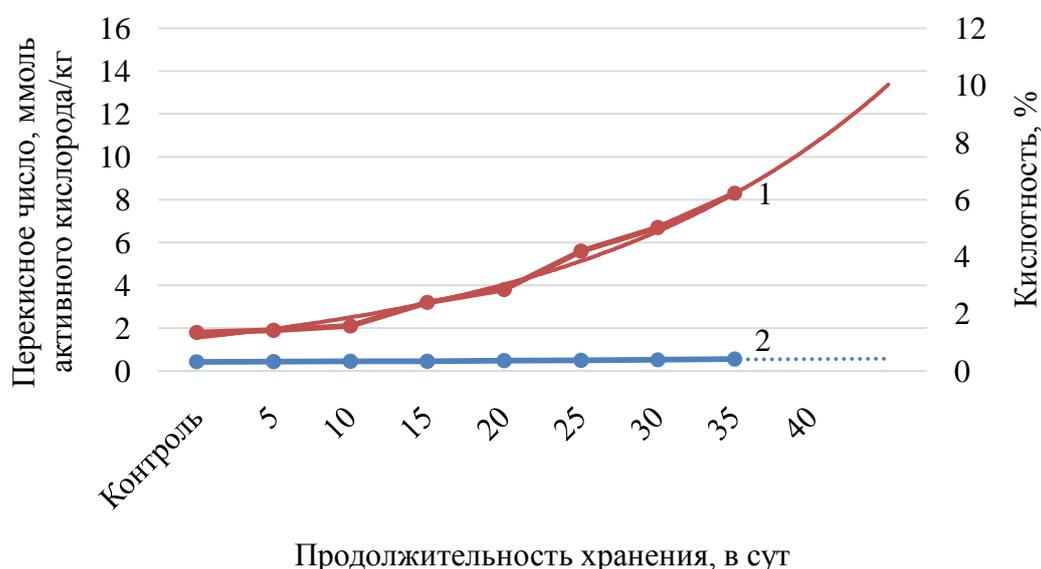


Рисунок 7 – Влияние продолжительности хранения на качественные характеристики смеси майонезного соуса: 1- перекисное число; 2 – кислотность

Значение кислотности разработанного продукта характеризуется незначительным увеличением от 0,32 до 0,42%, что находится в пределах нормы (не более 1% по ГОСТ 31761-2012). Значение перекисного числа в процессе хранения увеличивается до 8,3 ммоль активного кислорода/кг, что также находится в пределах нормы (не более 10 ммоль активного кислорода/кг). Однако дальнейшее увеличение сроков хранения в исследуемых условиях не рекомендуется, так как прогнозируемое значение перекисного числа может превысить 10 ммоль активного кислорода/кг.

Комплексное использование пектин-сывороточного геля и стабилизатора позволило получить функциональный низкожирный майонезный соус с высокой Е-витаминной активностью, содержащий полиненасыщенные жирные кислоты растительных масел и белки молока, стабильный при хранении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены оптимальные параметры получения низколактозной молочной сыворотки с применением ферментного препарата β – галактозидазы Nola Fit[®] из бактерий *Bacillus licheniformis*. Концентрация β – галактозидазы – $0,05 \pm 0,005$ об.%, pH – $6,0 \pm 0,1$, температура – $40 \pm 1^\circ\text{C}$, продолжительность гидролиза – 3 ч.
2. Установлено, что яблочный и черносмородиновый пектины обладают большей сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам (свинец, кадмий) и меди по сравнению с цитрусовым пектином, при этом все исследованные пектины проявляют наибольшую сорбционную способность по отношению к катионам свинца при pH = 8.
3. Исследование антибактериальных свойств пектинов показало, что яблочный пектин обладает большей антибактериальной активностью по сравнению с цитрусовым и черносмородиновым пектинами. Жизнеспособность патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, таких как *P. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *S. viridans*, *B. subtilis* снижается с увеличением концентрации пектинового раствора.
4. Изучено влияние различных факторов (концентрации пектина, pH, содержания сахарозы, температуры) на процесс структурообразования пектин-сывороточных гелей. Повышение содержания пектина, сахарозы, ионов водорода (каждого в отдельности) приводит к увеличению прочности системы за счет образования водородных связей и увеличения количества взаимодействий между молекулами пектина и сывороточных белков. Повышение температуры до 80°C приводит к снижению эффективной вязкости пектин-сывороточного геля в 3,18 раза от 148,2 до 46,6 Па*с. При температуре близкой к 60°C происходит снижение структурированности системы и проявление тиксотропных свойств пектин-сывороточных гелей. Полученные закономерности могут быть использованы при разработке различных продуктов питания с заданными реологическими свойствами на основе пектин-сывороточных гелей.
5. Исследован механизм старения пектин-сывороточных гелей в процессе хранения. Выявлена особенность изменения структуры пектин-сывороточных гелей в первые часы хранения, характеризующаяся увеличением прочности геля за счет образования новых связей между гидратированной молекулой пектина и белками молочной сыворотки.
6. Разработаны технологии и техническая документация низколактозного сокодержающего функционального напитка и низкожирного эмульсионного соуса на основе пектин-сывороточного геля, обогащенных биологически активными веществами. Установлено соответствие разработанных продуктов требованиям технической документации.

7. Изучено изменение свойств сокосодержащего низколактозного функционального напитка и низкожирного майонезного соуса при хранении. Определены их сроки годности. Для низколактозного напитка - при температуре 4°C не более 30 суток, для майонезного соуса – при температуре не выше +18°C не более 35 суток.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

Материалы, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Краснова, Ю.В. Создание пектин-сывороточных гелей на основе биопектина из растительного сырья и гидролизованной молочной сыворотки [Текст] / Ю.В. Краснова, С.Н. Бутова, М.Ю. Музыка, Е.Р. Вольнова // Пищевая промышленность. – 2019. – №6. – С. 14-18.

2. Краснова (Махова), Ю.В. Инновационная технология производства пектина в России [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова // Вестник Российской академии естественных наук. – 2012. – №3. – С. 43-46.

3. Краснова (Махова), Ю.В. Роль медицинского пектина при лечении онкологических заболеваний и его получение [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова // Глобальный научный потенциал. – 2012. – №10(19). – С. 231-233.

Статьи в других научных изданиях:

4. Краснова, Ю.В. Создание низколактозной молочной сыворотки с использованием бактериальной β-галактозидазы [Текст] / Ю.В. Краснова, С.Н. Бутова, Е.Р. Вольнова, Ю.В. Николаева // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – 1(4). – С. 105-113. <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i4.s282>.

5. Krasnova, Ju.V. Bacteriostatic action of biopectin [Text] / Ju.V. Krasnova, S.N. Butova, V.V. Tarasova, I.D. Shegoleva, M.Yu. Musika // Archivcos Venesolanos de Farmacologia y Terapeutica – Venezuela: Tribuna Medica Venezolana. – 2019. – Vol. 39. – №3. – P. 180-186.

Статьи в сборниках научных трудов, материалов конференций:

6. Краснова, Ю.В. Биопектин, его выделение и значение для профилактики заболеваний различной природы [Текст] / Ю.В. Краснова, С.Н. Бутова, Е.Р. Вольнова // Сборник материалов XIII Международного биотехнологического форума – выставки «Росбиотех-2019» – М.: МГУПП, 2019. – С. 314-325.

7. Krasnova, J.V. Biopectin – a natural bacteriostatic agent [Text] / J.V. Krasnova, S.N. Butova // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration” – Reports in English. – Beijing, PRC: Minzu University of China, 2019. – P. 143-149.

8. Краснова (Махова), Ю.В. Перспективы получения пектина инновационным ферментативным методом [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), Д.В. Гаврилова // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: материалы Международной науч. конф. с элементами научной школы для молодежи / отв. за выпуск Г.П. Лапина, Ю.В. Козловская – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – С. 105-106.

9. Краснова, Ю.В. Применение медицинского пектина в качестве лечебно-профилактической добавки [Текст] / Ю.В. Краснова, С.Н. Бутова // Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности, товароведении и общественном питании». – М., 2013.

10. Краснова (Махова), Ю.В. Роль медицинского пектина при лечении онкологических заболеваний и его получение [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова // V-я международная научно-практическая конференция «Роль науки в развитии общества». – Франция (Ницца), 2012. – С. 231-233.

11. Краснова (Махова), Ю.В. Использование пектина при производстве функциональных и специализированных продуктов [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова // Материалы конференции XII Международного форума «Высокие технологии XXI века». – М.: Издательство ЛКИ, 2011. – С. 341-344.

12. Краснова (Махова), Ю.В. Разработка методов осветления пектиновых экстрактов при получении медицинского пектина. [Текст] / Ю.В. Краснова (Махова), С.Н. Бутова // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты». – М.: МГУПП, 2011. – С. 243-244.

SUMMARY

The use of biotechnologies for treatment milk whey is practically significant in the development of new functional products with directed action and nutritional value that satisfy the needs of the human body. Production of low-lactose milk whey allows to create specialized products for people suffering from lactose intolerance. The process of milk whey hydrolysis using enzyme β -galactosidase from bacteria *Bacillus licheniformis* is considered. The dependence of formation of gel-like systems based on low-lactose milk whey and apple pectin on technological parameters is studied, which allows to create functional food products with specified rheological properties. The technology of low-lactose juice-containing functional beverage and low-fat emulsion sauce based on pectin-whey gel have been developed. New functional products have nutritional value and contain biologically active components.