Агарков Александр Александрович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СКВАШЕННОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРАТА СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

05.18.04 - Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Федеральном Государственном автономном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ФГАНУ «ВНИМИ»).

Научный руководитель:

Доктор технических наук, академик РАН, профессор,

Харитонов В.Д.

Официальные оппоненты:

Антипова Татьяна Алексеевна

доктор биологических наук,

НИИ детского питания (НИИ ДП) –филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», главный научный сотрудник отдела специализированных продуктов

детского питания

Острецова Надежда Геннадьевна

кандидат технических наук,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молокохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», кафедра технологии молока и

молочных продуктов, доцент

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Кемеровский государственный университет»

Защита состоится «18» мая 2021 года в __часов

на заседании диссертационного совета Д 006.021.02 при ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН по адресу 109316, Москва, Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН: www.vniimp.ru

Автореферат	разослан «	>>	2021	года
	P *** * * * * * * * * * * * * * * * * *			

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

А.Н. Захаров

Актуальность работы

Неотъемлемой и базовой основой научно-технического прогресса молочной промышленности является развитие ресурсо- и энергосберегающих, экологически безопасных технологий, обеспечивающих выпуск высококачественных, конкурентоспособных продуктов, отвечающих потребностям широкого круга населения. Задачи, стоящие в области создания и наращивания объёмов выпуска обладающих продуктов здорового питания, повышенной биологической ценностью, в том числе за счет белков молока, по-прежнему требуют решения. Установлено, что ежегодный дефицит белка в мире оценивается более чем в 15 млн тонн. В то же время и на сегодняшний день перед производителями молочной продукции остро стоит проблема переработки молочной сыворотки. Частично это связано с возрастающими объемами ее получения в свете бурного развития сыродельной отрасли, обусловленного введением продовольственного эмбарго, предполагающего запрет на ввоз сыров из США, стран ЕС, Канады, Австралии и Норвегии. Повторное вовлечение молочной сыворотки позволит не только снизить нагрузку на очистные сооружения, но и использовать при разработке новых видов молочных продуктов такие ценные компоненты, как белки.

Наиболее динамичное развитие последние годы приобретает применение мембранных методов обработки молочного сырья, в том числе и сыворотки. Среди мембранных технологий в молочной отрасли широкое распространение получила ультрафильтрация. Данная технология обладает большим потенциалом по концентрированию белков и направленному регулированию при невысоких энергетических затратах. В то же время вопрос интенсификации и систематизации механизмов процесса ультрафильтрации, особенно в области повышения длительности ее беспрерывного функционирования, является недостаточно изученным.

Анализ рынка напитков на основе молочной сыворотки показал, что в ассортименте продуктов на ее основе представлены в основном стерилизованные напитки с использованием фруктовых соков. Использование высокотемпературной обработки, несомненно, обеспечивает хранимоспособность напитков, однако значительно снижает их биологическую ценность. Сквашенные напитки на основе сывороточных концентратов на российском рынке отсутствуют, несмотря на их очевидную пользу для здоровья и высокую усвояемость благодаря сниженному содержания казеина. Внесение экстрактов пряностей в разрабатываемые напитки позволит не только сохранить пищевую ценность сывороточных белков, но и обеспечить пролонгированный срок годности напитка.

В связи с вышеизложенным, исследования в области интенсификации мембранной обработки молочной сыворотки с последующим получением на ее основе сквашенных напитков с повышенным содержанием полноценных белков являются актуальными.

Цель и задачи.

Целью работы являлась разработка технологии получения сквашенного напитка на основе концентрата сывороточных белков, полученного на экспериментальной УФ установке, оснащённой динамическими вращающимися мембранными элементами.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие залачи:

- теоретически обосновать актуальность интенсификации процессов мембранной фильтрации для получения концентратов молочной сыворотки с их последующим сквашиванием;
- доказать целесообразность использования и определить рациональные параметры работы установки с вращающимися мембранными элементами, позволяющие получить концентрат сывороточных белков (КСБ) с массовой долей белка, адекватной содержанию белка в цельном молоке;
- исследовать влияние экстрактов пряных растений с антимикробным эффектом на изменение физико-химических свойств сывороточных концентратов при хранении; кислотообразование и рост молочнокислой микрофлоры при сквашивании концентрата с экстрактом;
- исследовать потребительские предпочтения в отношении сывороточных напитков и провести обоснование необходимости регулирования консистенции сквашенного напитка на основе концентрата сывороточных белков с использованием современных инструментов управления качеством;
- подобрать стабилизационную систему и разработать рецептуры сывороточных напитков на основе концентрата сывороточного белка с экстрактом пряностей стойких в хранении;
- определить рекомендуемые сроки годности и технологические параметры производства сквашенных сывороточных напитков с экстрактами пряных растений на основе концентратов, полученных на установке вращающимися мембранными элементами; разработать комплект технической документации и провести промышленную апробацию разработанной технологии.

Научная новизна.

Получены зависимости удельной производительности и продолжительности процесса мембранного концентрирования подсырной сыворотки на экспериментальной установке с вращающимися мембранными элементами, от фактора концентрирования и температуры. Исследовано влияние различных температурных режимов и скорости вращения мембранного модуля на эффективность концентрирования сыворотки.

Обоснована потребительски адекватная органолептическая гамма сывороточного сквашенного напитка с использованием методов управления качеством.

Доказана стабилизация в хранении сквашенного сывороточного напитка за счет использования в его составе экстракта пряных растений, тормозящих постокислительные процессы при незначительном ингибировании молочнокислой микрофлоры.

Научно обосновано внесение в сквашенные сывороточные напитки стабилизаторов консистенции и получены зависимости кажущейся вязкости образцов напитков от соотношения в них гидроколлоидов.

Теоретическая и практическая значимость.

Создание разрабатываемой технологии базировалось на использовании принципа вращения мембран при концентрировании сыворотки и обоснованного применения экстрактов пряностей для стабилизации в хранении кисломолочного напитка.

Доказана перспективность использования установки с вращающимися мембранными элементами для получения концентратов сывороточных белков с заданной массовой долей белка.

Разработан технологический процесс получения напитков с повышенной биологической ценностью и усвояемостью на основе концентрата сывороточных белков с использованием экстрактов пряных растений.

Разработан и утвержден комплект технической документации - «Напитки сывороточные ацидофильные «Ацидолайт» ТУ 10.51.56-061-00149785-2020».

Осуществлен выпуск опытной партии разработанного напитка на ООО «Волжское молоко».

Методология и методы исследования.

В основе методологии исследований лежат труды отечественных и зарубежных учёных в области комплексной переработки молочной сыворотки и создания продуктов питания на основе белковых концентратов.

При проведении работы использовали общепринятые (органолептические, микробиологические, физико-химические) и специальные методы исследования.

Положения, выносимые на защиту.

Научно обоснованные и практически установленные зависимости физико-химических показателей продуктов концентрирования молочной сыворотки от основных характеристик работы установки с вращающимися мембранными элементами.

Целесообразность использования экстрактов пряных растений для стабилизации разрабатываемого напитка в хранении.

Разработка рецептуры и технологического процесса получения напитков с повышенной биологической ценностью и усвояемостью на основе концентрата сывороточных белков с использованием натуральных антимикробных добавок.

Личный вклад соискателя. Анализ литературных источников, научное обоснование и постановка проведения исследований, получение и обобщение теоретических и экспериментальных данных, формулирование основных результатов и выводов, подготовка материалов к опубликованию, участие в конференциях, участие в проведении апробации.

Степень достоверности и апробация работы

Все опыты проводились при многократной повторности (не менее 3-5), результаты которых обрабатывались традиционными методами и при помощи современного сертифицированного оборудования, а также компьютерных программ. Проводились опытно-промышленные испытания созданной технологии и оборудования.

Основные положения и результаты работы представлены и доложены на III Международной научно-технической конференции (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»

(Воронеж, 2016 г.); юбилейном форуме, посвящённом 85-летию со дня основания НИИ хлебной промышленности «Наука - главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности». (Москва, 2017 г.); XII Международной научно-практической конференции «Безопасность и качество товаров» (Саратов, 2018 г.); XII Международной научно-практической конференции молодых ученых сельскохозяйственных специалистов организаций сфере «Интенсификация пищевых производств: от идеи к практике.» (Московская область, Красково, 2018 г.); V Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2018 г.); VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в пищевой биотехнологии» (Кемерово, 2019 г.); XI Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2019 г.).

Работа была отмечена дипломом министерства науки и высшего образования Российской Федерации, лауреата конкурса XII Международной научнопрактической конференции молодых учёных и специалистов организации в сфере сельскохозяйственных наук «Интенсификация пищевых производств: от идеи к практике» на лучшую научно-исследовательскую работу.

Публикации.

По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, из которых 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, основных результатов и выводов, списка использованной литературы, содержащего 144 отечественных и зарубежных источников. Работа изложена на 123 страницах, включает 13 таблиц, 46 рисунков и 7 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований, представлена научная новизна, практическая значимость, сформулирована цель и задачи для ее осуществления.

В первой главе рассмотрены современные аспекты переработки молочной сыворотки, способы совершенствования мембранных процессов фильтрации молочного сырья, основные виды напитков на основе молочной сыворотки, применение натуральных антимикробных веществ, а именно экстрактов пряных растений, а также гидроколлоидов в пищевой промышленности.

Доказана необходимость совершенствования мембранной фильтрации молочной сыворотки, актуальность разработки новых видов сывороточных напитков на основе концентратов белков подсырной сыворотки.

Во второй главе приведена характеристика объектов и методов исследования, а также его организация.

Работа выполнена на базе ФГАНУ «ВНИМИ».

Схема организации проведения экспериментальных работ представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема проведения исследований

адаптированные под конкретные задачи методы исследований.

Отбор проб и подготовку их для определения физико-химических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 26809.1; массовую долю влаги и сухих веществ определяли по ГОСТ Р 54668; массовую долю жира определяли кислотным методом Гербера по ГОСТ 5867; массовую долю белка измеряли методом Кьельдаля по ГОСТ 34454;массовую долю небелкового азота определяли методом Кьельдаля по ГОСТ Р 55246; массовую долю лактозы измеряли по ГОСТ 34304; определение массовой доли углеводов проводили по ГОСТ Р 54667; определение титруемой кислотности проводились титриметрическим методом по ГОСТ 54669;активную кислотность определяли потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТ 32892.

Определение отношения потребителей к напиткам на основе концентратов белков молочной сыворотки и требуемых показателей качества сывороточных напитков проводили с использованием метода попарного сравнения и ранжирования с разработкой анкет целевого назначения.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативноанаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и бактерий группы кишечных палочек (БГКП) опытных образцов сывороточных напитков осуществляли по ГОСТ 32901, *s. aureus* — по ГОСТ 30347, молочнокислые микроорганизмы определяли по ГОСТ 10444.11и 33951.

Органолептические исследования проводили согласно ГОСТ ISO 6658, молекулярно-массовое распределение сыворотки и продуктов концентрирования оценивали методом эксклюзионной хроматографии.

Кажущуюся вязкость определяли по скорости истечения сгустка через стеклянную воронку с диаметром отверстия 0,5 см.

Определение влагоудерживающей способности (ВУС) проводили согласно методике Рогова И.А.

Рекомендуемые сроки годности определяли в соответствии с МУК 4.2.1847. Определение степени синерезиса проводили визуально.

Обработку результатов экспериментов осуществляли с использованием программы пакета программ MS Excel 2010 с трехкратной повторностью.

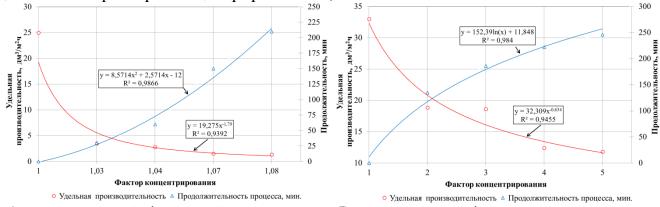
В третьей главе представлены результаты исследований и их обсуждение

3.1 Перспективы использования динамического мембранного модуля фильтрации для концентрирования белков подсырной сыворотки

На начальном этапе исследований был проанализирован процесс концентрирования обрабатываемой сыворотки на серийной установке AL 362. Процесс концентрирования проводили при температуре 25 °C, порог задержки мембраны составлял 10 кДа. Отмечено, что на момент достижения заданного фактора концентрирования (Φ_K =5) произошло падение удельной производительности на (41 ± 2) %. В начале концентрирования давление на входе составило 0,5 МПа и на выходе 0,46 МПа, а по окончании - 0,52 и 0,44МПа соответственно. Это связано с постепенным загрязнением пор мембранного элемента и увеличением вязкости обрабатываемой сыворотки. При этом общая продолжительность процесса при условии достижения Φ_K =5 составила 130 мин.

На втором этапе было проведено УФ концентрирование подсырной сыворотки на экспериментальной установке с динамическим мембранным модулем UF-RDM как с использованием функции вращения, так и без. Результаты проиллюстрированы на рисунке 2.

Как видно из данных рисунка 2a) без использования функции вращения мембранных элементов экспериментальной установки ощутимое падение удельной производительности произошло спустя 27 минут от начала процесса по достижении фактора концентрирования 1,03.



а) с отключенной функцией вращения

б) с включённой функцией вращения

Рисунок 2 – Исследование УФ концентрирования подсырной сыворотки на экспериментальной установке с модулем UF-RDM

Таблица 1 – Физико-химические показатели продуктов концентрирования

Наименование показателя	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля общего белка, %.	Массовая доля лактозы, %
Контрольный образец подсырной сыворотки	5,68	0,06	0,79	4,40
Концентрат сывороточных белков №1	8,79	0,3	3,63	4,54
Концентрат сывороточных белков №2	5,73	0,1	0,81	4,42
Концентрат сывороточных белков №3	7,73	0,5	3,30	4,19
Пермеат №1	4,39	> 0,01	0,14	4,40
Пермеат №2	5,50	> 0,01	0,45	4,16
Пермеат №3	5,52	> 0,01	0,45	4,19

^{*№1-} образец, полученный на установке AL 362

При общей продолжительности процесса 205 мин максимально возможный фактор концентрирования составил 1,08. Это связано со значительным образованием пограничного слоя загрязнения на мембране и фактической работой установки «в тупик» под действием разряжения.

^{№2-} образец, полученный на экспериментальной установке с модулем UF-RDM с отключенной функцией вращения

^{№3-} образец, полученный на экспериментальной установке с модулем UF-RDM с включённой функцией вращения

При работе с использованием вращающегося модуля, в отличие от работы на установке без использования вращения (рис 2, б) удалось достичь заданного Φ_K =5, при этом удельная производительность с начала процесса снизилась на 63%. При этом продолжительность обработки сыворотки составила 250 мин.

В таблице 1 представлены физико-химические параметры образца исходной сыворотки, полученных концентратов и пермеатов.

В концентрате, полученном с использованием вращающегося элемента, массовая доля казеиновых фракций составила 0,31 % от общего количества белка, поэтому разрабатываемый напиток можно позиционировать как более легко усвояемый желудочно-кишечным трактом (ЖКТ) – «лайт».

При работе на установке без использования вращения концентрирования белка практически не происходит, значение массовой доли белка в данном концентрате находится в пределах статистической ошибки. Что касается физико-химических характеристик концентрата, полученного при применении динамического мембранного модуля можно отметить, что значение показателя общего белка в данном концентрате составило 3,3%, что приближено к показателю общего белка в концентрате, полученном на серийной установке и свидетельствует о необходимости доработки режимов проведения процесса и коррекции конструкции мембранного элемента.

3.2 Усовершенствование режимов процесса ультрафильтрации с использованием вращающегося мембранного элемента

При проведении исследований по усилению эффективности работы экспериментальной установки был проведен ряд экспериментов при различных температурных режимах, а именно 10, 20, 30 и 40 °C. Результаты проведенных экспериментов проиллюстрированы на рисунке 3.

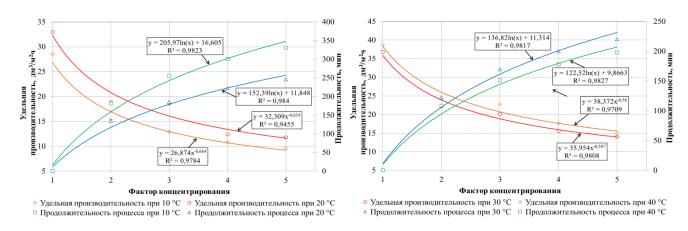


Рисунок 3 — Зависимость удельной производительности и продолжительности процесса от фактора концентрирования и температуры

При холодной фильтрации с температурным режимом 10 °C общая продолжительность процесса составила 330 мин при достижении Φ_K равном 5, удельная производительность при данном режиме на начальной стадии концентрирования составила 28,5 дм³/м²ч, а по истечение процесса эта величина составила 9,5 дм³/м²ч, то есть снизилась практически в три раза. При температуре 20 °C значительно улучшились основные параметры работы установки. Снижение

производительности при Φ_K =5 произошло не в 3, как в случае обработки при 10 °C, а в 2 раза (с 33,0 дм³/м²ч до 11,79 дм³/м²ч). При этом средняя скорость фильтрации была выше, что также связано с увеличением вязкости сыворотки. При дальнейшем увеличении температуры до 30 °C удельная производительность установки продолжала возрастать до 36,9 дм³/м²ч. При анализе экспериментальных данных, полученных при ультрафильтрации при 40 °C, прослеживается аналогичная тенденция, то есть увеличение температуры обработки неизбежно приводит к снижению продолжительности процесса и увеличению начальной удельной производительности.

Контроль за уровнем активной кислотности, концентрируемой различной температуре сыворотки, показал, что в случае обработки продукта при 10 °C при начальной величине pH 6,72 по истечение процесса это значение составило Что касается изменения 6.70. активной концентрировании сыворотки при 20 °C, то по окончании обработки этот показатель составил 6,67. С увеличением температуры обработки сыворотки по завершению процесса концентрирования происходило более интенсивное падения уровня рН. Так температуре обработки 30°C этот показатель составил 6,53; а при обработке при температуре $40 \, ^{\circ}\text{C} - 6,39$. Это связано с развитием остаточного количества микрофлоры молочной сыворотки при данной температуре (30-40 °C).

Таким образом за наиболее рациональную температуру проведения УФконцентрирования подсырной сыворотки с использованием вращающихся мембранных элементов следует принять температуру 20 °C.

Далее были проведены исследования по установлению влияния скорости вращения мембранных дисков на интенсификацию выделения белков из подсырной сыворотки. Результаты представлены на графиках рисунка 4.

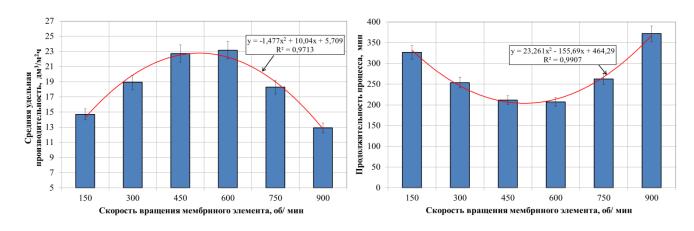


Рисунок 4 — Исследование влияния скорости вращения на среднюю удельную производительность и продолжительность процесса

С возрастанием скорости до 600 об/мин увеличивается удельная производительность, при скорости вращения 150 об/мин она составила 14,7дм³/м²ч и впоследствии возросла до 23,6 дм³/м²ч. При дальнейшем увеличении скорости вращения средняя удельная производительность начинает снижаться. Это связано с тем, что при увеличении количества оборотов до 600, начинает происходить

пенообразование, интенсивность которого растет с повышением скорости вращения мембранного элемента (рис 4).

На начальных этапах ультрафильтрации при увеличении скорости вращения длительность процесса сокращается, минимальная продолжительность при 600 об/мин составила 207 мин. При использовании режима вращения мембран 450 об/мин значение длительности процесса было сходно со значением, полученным при обработке на 600 об/мин, и составило 210 мин. При дальнейшем возрастании количества оборотов мембранного элемента продолжительность концентрирования возрастала, максимальная величина, а именно 372 мин, зафиксирована при вращении мембран на скорости 900 об/мин. Это можно объяснить, как и в предыдущем случае, повышенным пенообразованием с увеличением скорости вращения (рис 4).

Данные, полученные при анализе зависимостей продолжительности концентрирования от скорости вращения мембранного модуля, полностью коррелируют с данными, полученными при исследовании зависимостей средней удельной производительности установки от скорости вращения мембранного модуля.

3.3 Подбор экстрактов пряных растений для использования в рецептурах сывороточных напитков

В результате проведенного литературного анализа показана перспективность использования натуральных антимикробных веществ, содержащихся в пряных и лекарственных растениях с целью предотвращения порчи пищевых продуктов.

Для включения в рецептуру создаваемого напитка были выбраны жидкие водные экстракты пряных растений: лаванды, бадьяна, корицы и имбиря (доза внесения 0,5; 1,0; 1,5; 2.0 и 2,5 %). В качестве контроля был использован концентрат сывороточных белков без внесения добавок.

Образцы хранились при температуре (4 ± 2) °C на протяжении 7 суток, в процессе хранения осуществляли контроль уровня активной кислотности. Данные по использованным концентрациям начиная с 1,0 % представлены на рисунке 5.

Отмечено, что 0,5% дозы внесения недостаточно для предотвращения процесса постокисления среды на основе концентрированной подсырной сыворотки. Тормозящее кислотность действие большинства экстрактов пряностей начинает проявляться, начиная с дозы внесения 1,0%; причем наилучшим с этой точки зрения был признан экстракт лаванды. Наихудшую способность к торможению кислотности проявил экстракт бадьяна, снижение уровня активной кислотности аналогично снижению в контрольном образце. При внесении в количестве 2,5 % самым лучшим, с точки зрения замедления нарастания кислотности также проявил себя образец с экстрактом лаванды, снижение рН в нем зафиксировано на уровне 0,22.

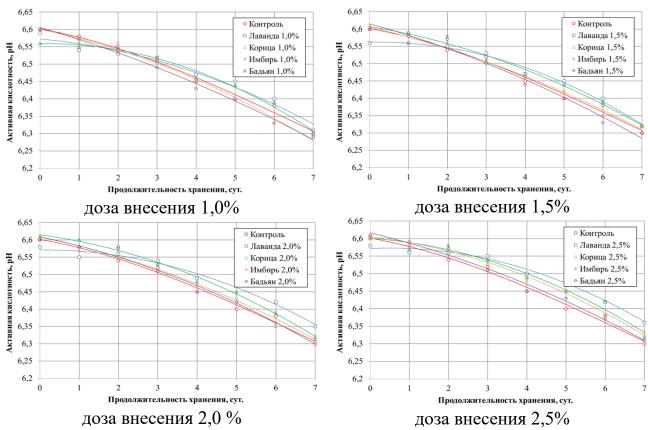


Рисунок 5 — Динамика изменения уровня pH при внесении различных доз экстрактов пряностей

Проведена органолептическая оценка полученных образцов. Учитывая специфические органолептические особенности объектов исследования, были разработаны дескрипторы и разработана шкала оценки (таблица 2).

По результатам проведенной оценки можно констатировать факт, что внесение экстрактов пряных растений ни в одном из случаев не оказывает влияния на показатель цвета. В то же время данные, представленные на рисунке 6, показывают, что даже минимальная доза внесения экстрактов пряностей в количестве 0,5 % оказывает ощутимое влияние на сенсорные характеристики сывороточного концентрата. Наибольшее предпочтение в этой дозе внесения дегустаторами было отдано образцу с внесением экстрактов корицы и лаванды, наименьшее образцу с внесением бадьяна.

С увеличением дозы внесения экстрактов пряных растений можно зафиксировать факт изменения органолептических показателей по сравнению с предыдущим образцом. В образце с использованием корицы снизился показатель привлекательности послевкусия, а в образце с бадьяном непривлекательность послевкусия усилилась. В то же время с увеличением дозы внесения лавандового экстракта вкус образца был отмечен более высокими баллами, а в образце с использованием имбиря меньшими.

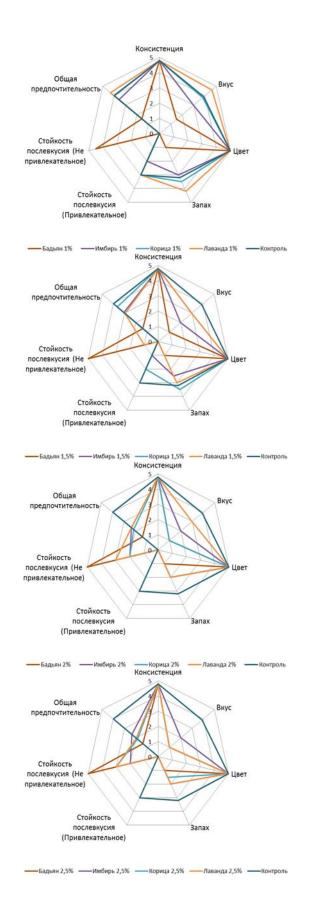


Таблица 2 – Дескрипторы органолептической оценки

Наименование характеристики	
Консистенция	
Наличие посторонних включений	
Однородность	
Вкус	
Кислый	
Соленый	
Горький	
Химический	
Лекарственный	
Насыщенность вкуса	
Прогорклый (окисленный)	
Посторонний	
Стойкость послевкусия	
Привлекательное	
Непривлекательное	
Запах	
Молочный	
Кисломолочный	
Кислый	
Интенсивность запаха	
Прогорклый (окисленный)	
Посторонний	
Цвет	
Свойственный сыворотке	
Неестественный	
Общая предпочтительность	
Сумма всех баллов	

- 1 балл признак отсутствует
- 2 балла интенсивность характеристики очень слабая (на грани порога распознавания)
- $3\ балла$ интенсивность характеристики слабая, но хорошо распознаваемая
- 4 балла интенсивность характеристики умеренная
- 5 баллов интенсивность характеристики очень сильная

Рисунок 6 — Профилограммы органолептической оценки КСБ с внесением экстрактов пряностей

Что касается общей предпочтительности, в целом картина не изменилась, и наилучшими образцами по-прежнему были признаны образцы с лавандой и корицей (рис. 6).

При дальнейшем увеличении дозы внесения до 1,5 % в образце с лавандой, до этого признанного одним из лучших, зафиксирован переход послевкусия из приятного в непривлекательный, в образце появляется слегка уловимый «химический» привкус, несвойственный данной пищевой системе, также привлекательность послевкусия снижается и при использовании имбиря.

С внесением экстрактов пряностей в дозе свыше 1,5 % (2,0 %; 2,5 %) значительно снижается общая бальная оценка всех образцов. Наиболее значительно снизилась оценка в образцах с использованием бадьяна и корицы. В образце с использованием экстракта лаванды степень перехода неприятного послевкусия значительно усилилась по сравнению с образцами с дозой внесения менее 1,5 %.

Проведенные сенсорные исследования показали, что наиболее гармонично с молочной сывороточной основой сочетаются экстракты лаванды и корицы. С увеличением дозы внесения экстрактов свыше 1,5 % во всех, без исключения, случаях снижаются сенсорные характеристики, усиливаются несвойственные сыворотке и внесенным добавкам привкусы и запахи. Учитывая, что лаванда, как показано в предыдущем разделе, в большей степени проявляет способность торможения роста активной кислотности, разработку рецептуры напитка было решено проводить с внесением этого вида экстракта.

3.4 Исследование влияния добавления экстракта лаванды на кислотообразование и рост молочнокислой микрофлоры

Для получения кисломолочного напитка на основе КСБ с экстрактом лаванды было решено использовать закваску, состоящую из ацидофильной палочки и термофильного стрептококка (Lactobacillus acidophilus, Streptococcus salivarius subsp. thermophilus). Выбор закваски был основан на способности данных штаммов, в большей степени Lactobacillus acidophilus образовывать вязкие сгустки.

Закваска вносилась в смесь концентрата и экстракта лаванды в количестве 5 %, сквашивание проводилось при температуре (37±2) °C. Наблюдение велось на протяжении 24 часов. В результате ранее проведенных исследований были определены наиболее рациональные дозы внесения выбранного экстракта лаванды, а именно 0,5 и 1,0 %. В качестве контроля использован образец без внесения экстракта, начальный уровень рН в контрольном образце составил 6,33; в образце с внесением 0,5 % экстракта 6,1; с внесением 1,0 % экстракта 6,42.

Данные исследований представлены на рисунке 7.

Как показано на графике рис. 7, внесение лаванды оказывает значительное влияние на процесс нарастания активной кислотности. Так, в контрольном образце заданный уровень активной кислотности 4,6 ед. рН был достигнут по истечении 3 ч 58 мин, в образце с 0,5 % и 1,0 % экстракта лаванды по истечении 4 ч 49 мин и 8 ч 10 мин соответственно. Увеличение продолжительности сквашивания связано с тем, что экстракт лаванды оказывает определенное ингибирующее действие на молочнокислую микрофлору. Это утверждение подтверждают данные по

определению количества молочнокислых организмов по достижении рН напитка 4,6 (табл. 3).

Таблица 3 – Количество молочнокислых микроорганизмов в экспериментальных образцах

Номер образца	Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/см ³
Контроль	2,5×10 ⁸
Образец с 0,5% экстракта лаванды	1×10 ⁸
Образец с 1,0 % экстракта лаванды	6×10 ⁷

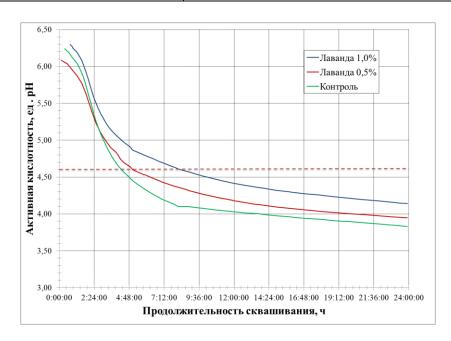


Рисунок 7 – Динамика процесса сквашивания КСБ с экстрактом лаванды

По истечении времени наблюдения рН напитка в контрольном образце составил 3,81; в образце с 0,5 % экстракта лаванды 3,9, в образце 1,0 % лаванды 4,32.

Результаты экспериментов показали, что внесение экстракта лаванды позволило замедлить постокислительные процессы, тем самым позволив получить результатам композицию напитка. более стабильную хранении. По экспериментов, изложенных в данном разделе и ранее, окончательная доза внесения лавандового экстракта определена в количестве 1,0 %. оценка консистенции продукта показали, что полученные сгустки имели достаточно жидкую структуру, что говорит необходимости стабилизационной системы.

3.5 Определение отношения потребителей к напиткам на основе концентратов белков молочной сыворотки и показателей качества разрабатываемого продукта

Анкетирование потенциальных потребителей показало, что основными сдерживающими факторами для людей, не употребляющих продукты на основе сыворотки, являются органолептические характеристики, почти треть

респондентов не устраивает внешний вид продукта. При этом всего 7 % опрошенных сомневаются в полезности сывороточных продуктов.

Поскольку в продукт планируется вносить экстракты пряных растений, параллельно были проанализированы данные соцопроса в части предпочтения молочных продуктов с нетрадиционными ингредиентами и насколько важно для респондентов соблюдение баланса вкуса и пользы. Данные опроса проиллюстрированы на рисунке 8.

Несмотря на то, что большинство опрашиваемых, 42 %, на этот вопрос ответили, что не будут приобретать продукт с неудовлетворительным внешним видом невзирая на его пользу (рис 8, а)), тем не менее, данные представленные на рисунке 8, б) показали значительный интерес опрашиваемых к молочным продуктам с нетрадиционными ингредиентами (52%), в то время как всего 9 % проявили негативное отношение к таким продуктам.

Для определения коэффициентов весомости потребительских свойств был проведен опрос 100 респондентов, проживающих в Москве и Московской области с использованием разработанной анкеты.

Проведено ранжирование И установлены коэффициенты показателей качества разрабатываемого напитка: вкус – коэффициент весомости равен 16,9 %, биологическая ценность – 14,9 %, отсутствие синерезиса – 14,9 %, отсутствие консервантов, ароматизаторов и красителей – 11,1 %, длительный срок хранения -10.5 %, однородная консистенция -10.1 %, низкая стоимость -8.4 %, запах продукта -5.9 %, низкая калорийность -5.1 %, цвет напитка -3.2 %. Показательно, что достаточно высокое количество респондентов помимо вкуса и полезности продукта сильно озабочены показателями консистенции предполагаемого продукта. Данный факт был учтен при разработке сывороточного напитка.

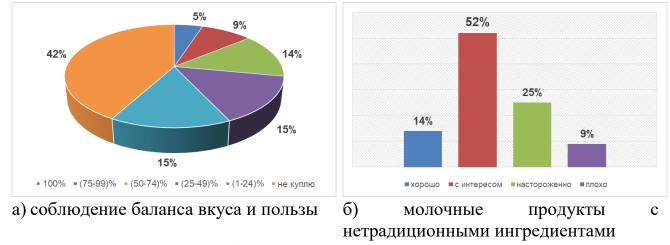


Рисунок 5 — Наглядное изображение потребительских предпочтений

Согласно разработанному дереву показателей качества, при разработке сквашенных сывороточных напитков на основе концентрата сывороточных белков с экстрактами пряных растений необходимо учитывать следующие основные единичные контролируемые показатели качества: массовые доли жира, белка и влаги, органолептические показатели, титруемая кислотность и количество функциональных добавок.

3.6 Подбор стабилизационной системы для кисломолочного напитка на основе сывороточного концентрата

Проведенный литературный обзор показал, что наиболее часто для стабилизации структуры кисломолочных напитков используется полученный из различных источников: яблочный (ЯП), цитрусовый (ЦП), тыквенный (ТП), свекловичный (СП). Согласно рекомендациям, изложенным в литературе, пектины были внесены в напиток в количестве 0,1 %. В качестве контрольных параметров использовали кажущуюся вязкость влагоудерживающую способность (ВУС). Данные исследования представлены на рисунках 9 и 10.

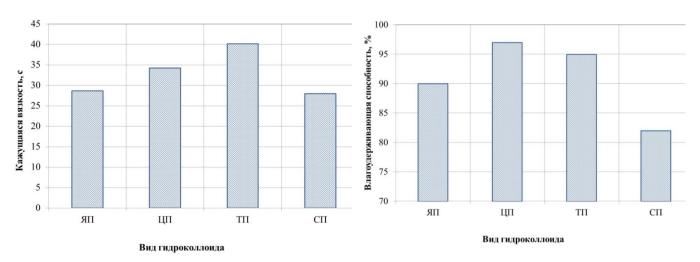


Рисунок 9 — Кажущаяся вязкость Рисунок 10 — Влагоудерживающая образцов напитков способность образцов напитков

Как видно из данных графика на рисунке 9, наибольшим значением кажущейся вязкости отличался образец с внесением тыквенного пектина, оно составило в данном случае 40,1 с. Самые низкие значения, 23,8 и 23,9 с отмечены в образцах с использованием тыквенного и яблочного пектина. Повышенное значение вязкости с использованием тыквенного пектина связано с разветвленной структурой пектиновой молекулы, а, следовательно, повышенной способностью данного гидроколлоида вступать в межфазные взаимодействия с пептидами сыворотки.

Что касается ВУС, то самыми высокими значениями, 97 и 95 % отличались образцы с использованием цитрусового и тыквенного пектина, самое низкое значение, 82 %, имел напиток, приготовленный со свекловичным пектином (рис.10).

По результатам этой оценки по совокупности показателей для использования в рецептуре сывороточного напитка был выбран тыквенный пектин, обладающий повышенной доказанной антиоксидантной активностью.

Однако наблюдение за образцами с течением времени показало, что внесения одного тыквенного пектина в рецептуру напитка недостаточно, поскольку на 4-е сутки хранения наблюдается незначительный синерезис.

Поэтому, исходя из рекомендаций специалистов, в систему был внесен крахмал кукурузный модифицированный (Кр) в различных соотношениях с

тыквенным пектином в общем количестве 1,2%. Полученные данные представлены на рисунках 11 и 12.

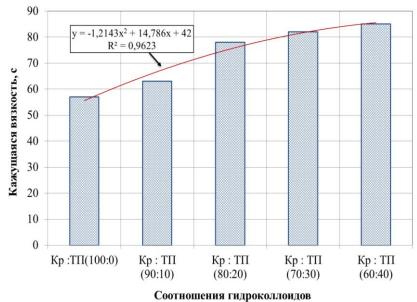


Рисунок 11 — Зависимость кажущейся вязкости образцов напитков от соотношения в них гидроколлоидов

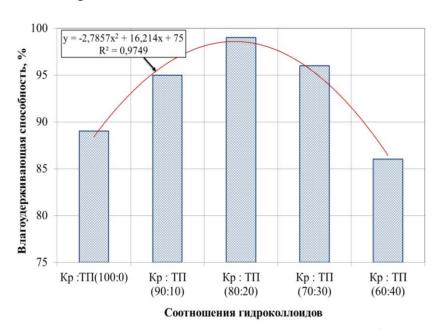


Рисунок 12 — Зависимость влагоудерживающей способности образцов напитков от соотношения в них гидроколлоидов

Как видно из рисунков 11 и 12 при совместном использовании двух гидроколлоидов выявлен синергетический эффект, выраженный в увеличении кажущейся вязкости по сравнению с монокомпозициями. При использовании только тыквенного пектина это значение составляло 40,1 с; при использовании только крахмала 58,1; а при их совместном использовании максимальное значение составило 85 с при соотношении крахмал:пектин 60:40.

На рисунке 12 представлены данные по исследованию влагоудерживающей способности полученных образцов. Как видно из данных рисунка, образец, в

котором в качестве стабилизационной системы использована композиция крахмал:пектин в соотношении 80:20 имела 100 % ВУС.

Также достаточно высоким значением влагоудерживающей способности отличался образец с соотношением крахмал:пектин 70:30.

По результатам комплексной оценки для включения в рецептуру напитка была определена стабилизационная композиция, состоящая из крахмала и пектина в соотношении 80:20.

Образец сывороточного напитка с 1,0% экстракта лаванды и подобранной системой гидроколлоидов был заложен на хранение. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Органолептические показатели кисломолочного сывороточного напитка в процессе хранения

Температура Срок хранения, хранения, °С сутки	Срок хранения,	Органолептические показатели		Общий балл
	Вкус и запах	Внешний вид и консистенция		
4±2	0	5/5	5/5	20
4±2	2	5/5	5/5	20
4±2	5	5/5	5/5	20
4±2	10	5/5	5/5	20
4±2	15	3/4	3/4	14

Исследования органолептических характеристик в процессе хранения свидетельствуют об изменении вкуса и запаха на 15 сутки хранения, появился посторонний, не свойственный напитку аромат, неприятный дрожжевой привкус. Также в напитке был отмечен синерезис и рыхлая консистенция.

безопасности Для напитка наиболее важными оценки являются микробиологические исследования. Отмечено, что по истечении 15 суток наблюдения превышен показатель по содержанию дрожжей, по сравнению с регламентируемым значением, с чем и был связан несвойственный продукту запах микробиологических вкус. Следовательно, на основании проведенных исследований может быть установлен срок годности кисломолочного сывороточного напитка с экстрактом лаванды – 10 суток.

3.7 Разработка технических условий на напиток на основе концентрата подсырной сыворотки

Разработанный напиток был исследован по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим и показателям безопасности.

Физико-химические показатели напитка на основе КСБ представлены в таблице 5.

Показано, что напиток полностью соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Таблица 5 – Физико-химические показатели напитка на основе КСБ

Физико-химические показатели	Значения показателя
Массовая доля лактозы %	4,48
Массовая доля жира %	0,15
Массовая доля белка, %	3,34
Кислотность, ед. рН	4,61
КМАФАнМ (молочнокислых микроооганизмов, КОЕ/ cm^3 (г),	2,5×10 ⁸

Продукт предназначен для непосредственного употребления в пищу.

Технологическая схема получения сывороточного напитка с экстрактом лаванды представлена на рис. 13.

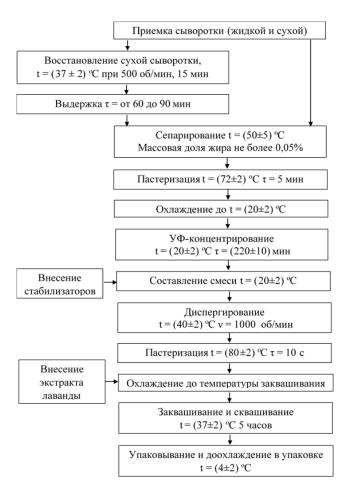


Рисунок 13 — Технологическая схема получения сывороточного напитка с экстрактом лаванды

В результате выполнения работы разработан и утвержден комплект технической документации на напитки сывороточные ацидофильные со сниженным содержанием казеина «Ацидолайт» ТУ 10.51.56-061-00149785-2020».

Основные результаты и выводы

- 1. Теоретически обоснована и научно установлена актуальность совершенствования мембранных методов обработки молочной сыворотки и создания сквашенных напитков стойких в хранении на основе ее концентратов.
- 2. Доказана целесообразность использования и определены рациональные параметры работы установки с вращающимися мембранными элементами, позволяющие получить концентрат сывороточных белков с массовой долей белка, адекватной массовой доле белка в цельном молоке (3,3 %): скорость вращения мембран 450 об/мин, температура процесса 20 °C, достичь заданного $\Phi_{\rm K}$ равного 5 удалось за 250 мин.
- 3. Исследовано влияние экстрактов пряностей с антимикробным эффектом для продления сроков годности концентратов, наилучшим с этой точки зрения был признан экстракт лаванды. Верхний предел возможной дозы внесения лимитировался органолептически, и составил 1,0 %. При сквашивании концентратов подтверждена способность экстракта лаванды замедлять постокислительные процессы при незначительном ингибировании молочнокислой микрофлоры.
- 4. По результатам исследования потребительских предпочтений определена мотивация потребления сывороточных напитков, что позволило разработать сывороточный напиток с экстрактами пряных растений и потребительски адекватной органолептической гаммой.
- 5. Подобрана стабилизационная система для сквашенного сывороточного напитка с потребительски привлекательным профилем и гарантированной стойкостью в хранении, состоящая из модифицированного кукурузного крахмала и тыквенного пектина в соотношении 80:20.
- 6. Разработана технология получения сквашенного напитка на основе концентрата сывороточных белков, полученного на экспериментальной УФ установке, оснащённой динамическими вращающимися мембранными элементами; рекомендованы сроки годности (10 суток) и технологические параметры получения напитка. Разработан и утвержден комплект технической документации на напитки сывороточные ацидофильные «Ацидолайт» ТУ 10.51.56-061-00149785-2020, проведена промышленная апробация.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы: Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

- 1. **Агарков, А.А.** Фракционирование пищевых сред с использованием вращающихся фильтрующих элементов. / **А.А. Агарков,** Д.В. Харитонов // Молочная промышленность. -2018. -№ 12. -C. 52-53.
- 2. Агаркова, Е.Ю. Перспективы использования динамического мембранного модуля фильтрации UF-RDM для концентрирования белков подсырной сыворотки [Текст] / Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, **А.А. Агарков**, В.Д. Харитонов // Сыроделие и маслоделие. 2019. №6. С 54 56.

3. **Агарков, А.А.** Особенности органолептических профилей сывороточных напитков нетрадиционного состава / А.А. Агарков, О.Б. Федотова, Е.Ю. Агаркова // Пищевая промышленность. – 2020. № 10. – С. 26 – 29.

Статьи в сборниках научных трудов, журналах, материалах российских и международных конференций

- 4. **Агарков, А.А.** Использование ферментативного гидролиза пептидного комплекса молока для получения белковых функциональных ингредиентов. / **А.А. Агарков**, А.Г. Кручинин, Н.Г. Машенцева // Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов «День науки»: [сб.] / [сост.: ИК Московский государственный университет пищевой промышленности; под ред. Т.А. Стахи]. Москва, 2015. С. 13 15.
- 5. **Агарков, А.А.** Применение вращения фильтрующих элементов в процессе фракционирования жидких сред / **А.А. Агарков,** Д.В. Харитонов // «Научное обеспечение молочной промышленности (микробиология, биотехнология, технология, контроль качества и безопасности, стандартизация)» Москва 2016. С. 7 10.
- 6. **Агарков, А.А.** Фракционирование белков молочной сыворотки с использованием вращающихся мембран. /**А.А. Агарков**, Д.В. Харитонов // Сборник материалов III Международной научно—технической конференции (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: [сб.] / [сост.: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»]. Воронеж, 2016. С. 676 680.
- 7. **Агарков, А.А.** Разработка установки для фракционирования пищевых компонентов молока с использованием вращающихся, керамических, фильтрующих элементов / **А.А. Агарков**, Д.В. Харитонов, Н.Е. Шерстнёва // Сборник материалов юбилейного форума посвящённому 85—летию со дня основания НИИ хлебной промышленности «Наука главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности»: [сб.] / [сост.: ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности]. Москва, 2017. С. 242 244.
- 8. **Агарков, А.А.** Мембранные технологии для производства молочных продуктов. / **А.А. Агарков**, Д.В. Харитонов // «Безопасность и качество товаров». Материалы XII международной научно–практической конференции : [сб.] / [сост.: ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности; под общ. ред. С.А. Богатырева]. Саратов, 2018. С. 3—10.
- 9. **Агарков**, **А.А.** Концентрирование молочной сыворотки на установках с использованием вращения фильтрующих элементов / **А.А. Агарков** // Сборник научных трудов XII международной научно—практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук «Интенсификация пищевых производств: от идеи к практике» : [сб.] /[сост.: ВНИИ крахмалопродуктов —филиал ФГБНУ «ФНЦ систем» им В.М. Горбатова» РАН»].— Московская область, Красково, 2018. С. 12—16.

- 10. **Агарков, А.А.** Влияние вращения на интенсификацию подсырной сыворотки / **А.А. Агарков** // «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». Материалы V Международной научно—технической конференции: [сб.] / [сост.: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»]. Воронеж, 2018. С. 745 749.
- 11. **Агарков, А.А.** Новый подход к созданию новых аэрированных молочных продуктов на основе гидролизатов вторичного молочного сырья / **А.А. Агарков,** Д.В. Харитонов, В.Д. Харитонов // Международный форум «Биотехнология: состояние и перспективы развития»: [сб.] Москва, 2018. С. 651—652.
- 12. **Агарков, А.А.** Внедрение технологии вращения фильтрующих элементов в процесс фракционирования пищевых сред / **А.А. Агарков,** Д.В. Харитонов // «Инновации в пищевой биотехнологии» Сборник тезисов VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: [сб.] / [сост.: Кемеровский государственный университет]. Кемерово, 2019. С. 112–113.
- 13. **Агарков, А.А.** Процесс концентрирования подсырной сыворотки с использованием вращения фильтрующих элементов / **А.А. Агарков** // «Техника и технология пищевых производств» Тезисы докладов XI Международной научной конференции студентов и аспирантов [сб.] / [сост.: Могилевский государственный университет продовольствия]. Могилев, 2019. С. 170.
- 14. **Агарков, А.А.** УФ-концентрирование молочной сыворотки с использованием вращающихся мембран при различных температурах / **А.А. Агарков**, Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, В.Д. Харитонов // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). -2019. -№ 10(67). -C. 7-10.
- 15. Агаркова, Е.Ю. Перспективные направления совершенствования мембранных технологий / Е.Ю. Агаркова, К.А. Рязанцева, Н.Е. Шерстнева, **А.А. Агарков** // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством: [сб.] / [сост.: ФГАНУ «ВНИМИ»; под ред. А. Г. Галстяна]. Москва, 2020. Т. 1. С. 21–28.
- 16. **Агарков, А.А.** Пути интенсификации мембранных методов обработки молочной сыворотки / **А.А. Агарков** // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сборник материалов Национальной (Всероссийской) конференции: [сб.] / [сост.: ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»; под общ. ред. А. Ю. Просекова; под общ. ред. А. Ю. Просекова]. Кемерово, 2020. С. 30–32.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КСБ – концентрат сывороточных ВУС влагоудерживающая белков способность КМАФАнМ количество ЯП – яблочный пектин и ЦП – цитрусовый пектин мезофильных аэробных факультативно-анаэробных ТП – тыквенный пектин микроорганизмов СП – свекловичный пектин БГКП – бактерии группы кишечных Кр крахмал кукурузный модифицированный палочек УФ – ультрафильтрация Φ_{K} – фактор концентрирования

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт