

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Фиалковой Евгении Александровны на диссертационную работу Гридина Александра Сергеевича на тему «Разработка технологии низкогигроскопичного сывороточного пермеата распылительной сушики», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. – Пищевые системы

Актуальность темы диссертационной работы

В современной пищевой промышленности особое внимание уделяется экономичным и эффективным способам производства. Молочная отрасль не стала исключением, где революционным прорывом оказалось внедрение инновационных мембранных технологий. Эти передовые методы обработки позволили существенно оптимизировать производственные процессы.

Важным преимуществом мембранных технологий является их универсальность применения. Они успешно используются не только при обработке цельного молока, но и эффективно справляются с переработкой побочных продуктов и очисткой производственных стоков. Особенно примечательно, что данные процессы осуществляются при щадящих температурных режимах 10-15°C, что способствует сохранению полезных свойств продукта.

В отличие от классических методов обработки, мембранные технологии не требуют энергозатратных фазовых переходов, что существенно снижает производственные расходы. Это позволяет предприятиям значительно сократить себестоимость конечного продукта при сохранении его высокого качества.

Экономическая эффективность внедрения мембранных технологий проявляется в комплексной оптимизации ресурсопотребления. Предприятия получают возможность существенно сократить как расход сырья, так и энергетические затраты, что в современных условиях является критически важным фактором конкурентоспособности. Более того, такой подход полностью соответствует современным экологическим стандартам и принципам устойчивого развития производства.

В современной молочной промышленности активно развиваются технологии переработки вторичного сырья, среди которых особое место занимает мембранная фильтрация. Несмотря на значительные преимущества данного метода, существует ряд технологических ограничений, которые влияют на качество конечных продуктов и сужают спектр их практического применения.

Решению этих актуальных вопросов посвящено масштабное научное исследование, проведенное А.С. Гридиным. Особую значимость работе придает её направленность на преодоление одной из ключевых проблем отрасли - высокой гигроскопичности сывороточного пермеата, получаемого методом распылительной сушики. Исследователем предложены инновационные подходы к управлению функционально-технологическими характеристиками готовой продукции.

Практическая ценность и своевременность данного исследования получила признание научного сообщества, что подтверждается получением гранта РФФИ № 20-316-90024. В период с 2020 по 2022 год был реализован проект "Разработка технологии сухих негигроскопичных продуктов на основе лактозосодержащего сырья". Полученные научные данные открывают новые перспективы для оптимизации производственных процессов и повышения качества молочных продуктов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная достоверность диссертации А.С. Гридина базируется на тщательном изучении российских и международных научных публикаций, а также на экспериментальных данных, полученных лично автором. Высокий методологический уровень исследования подкрепляется использованием передового аналитического оборудования, математического моделирования и статистических методов обработки данных. Теоретическая значимость работы определяется глубокой проработкой принципов обеспечения качества продовольственной продукции. Все научные заключения и практические рекомендации исследователя логически вытекают из фундаментальных теорий и подтверждаются экспериментально полученными результатами, что свидетельствует о высокой степени их обоснованности.

В ходе промышленных испытаний была подтверждена высокая достоверность исследования. Автор диссертации не только собрал внушительную базу экспериментальных материалов, но и успешно применил их на практике, структурировав полученные данные и внедрив разработки в реальное производство.

Научная новизна полученных результатов исследований

В ходе исследования была разработана система управления производством сухих порошков пермеата с заданными характеристиками. Изучено, как различные компоненты сухих порошков, содержащих лактозу, влияют на процесс кристаллизации. Выявлена тенденция снижения кристаллизации лактозы с $(85,01 \pm 0,20) \%$ до $(66,8 \pm 0,12) \%$ в последовательности: пермеат - сыворотка - деминерализованная сыворотка - деминерализованный пермеат. Для оценки сыпучести сухого сывороточного пермеата были рассчитаны индексы Хауснера и Карра, составившие $(1,1811 \pm 0,019)$ и $(15,32 \pm 0,02)$ соответственно, что указывает на хорошую сыпучесть и нормальную устойчивость к слеживанию. Также проанализировано воздействие остаточного небелкового азота и минеральных компонентов на физико-химические процессы и особенности кристаллизации лактозы в концентрированном пермеате.

Исследования показали, что максимальная кристаллизация лактозы $(84,0 \pm 0,34\%)$ достигается при определенном соотношении поверхностно-активных веществ и пермеата в жидком кристаллообразователе. Экспериментально установлено, что для эффективного процесса кристаллизации в сгу-

ценном пермеате (свыше 80,0%) критически важно использовать затравочные кристаллы размером не более 50,0 микрон. Данные выводы были теоретически обоснованы и подтверждены практическими результатами.

Теоретическая и практическая значимость

Исследования привели к созданию экспериментальной базы данных, описывающей характеристики и структуру порошкообразных продуктов на основе лактозы. В ходе работы были изучены особенности процесса кристаллизации с использованием жидкого инициатора кристаллообразования в сывороточном пермеате. Практическое внедрение разработанной технологии на производственной площадке ПАО "Молочный комбинат "Воронежский" позволило усовершенствовать технологические процессы создания функциональных продуктов питания. Важным результатом стала разработка технической документации для нового продукта - "Пермеат сухой" (ТУ 10.51.56-001-21986117-2018 и ТИ ТУ 10.51.56-001-21986117-2018). Применение отечественного жидкого кристаллообразователя и технологии производства пермеата с низкой гигроскопичностью базировалось на глубоком понимании механических и структурных особенностей сухих порошков пермеата с кристаллизованной лактозой.

Структура диссертации и автореферата, оценка содержания

Научная работа, представленная А.С. Гридиным, включает 13 приложений и библиографический список из 160 источников. Структурно исследование разделено на 5 основных глав с экспериментальными данными и аналитикой, дополненных вводной частью и заключительными выводами. Во введении обоснована актуальность решаемой научной проблемы, обозначена цель и научные задачи исследований, их новизна, практические результаты и ценность, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены особенности применения мембранной технологии для стандартизации лактозосодержащего сырья и специфика производства сухих продуктов на его основе. Особое внимание уделено современным методам управляемой кристаллизации лактозы, которые позволяют достичь требуемых функционально-технологических характеристик в сухих молочных продуктах с высоким содержанием этого углевода. Анализ существующих научных публикаций позволил обосновать значимость выбранного направления исследований, определить ключевую научную проблематику и сформировать основные цели и задачи дальнейшей работы.

Во второй главе описаны использованные методологические подходы, включающие инновационные способы анализа. Среди них - усовершенствованный метод оценки влагопоглощающей способности пермеата сыворотки и измерения кристаллической структуры лактозы. Экспериментальная часть базировалась на современных технологиях, таких как метод лазерной дифракции света и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Достоверность полученных данных подтверждена статистической обработкой результатов с помощью верифицированных математических моделей. Структу-

ра эксперимента представлена в виде подробной схемы, отражающей все этапы исследования и задействованные объекты.

В третьей главе рассматривается анализ сухих молочных компонентов, изучающий взаимосвязь между уровнем кристаллизации лактозы и технологическими свойствами готового продукта. Исследование включало разделение высушенного распылением сывороточного пермеата на группы частиц разного размера. В ходе работы была выявлена корреляция между размерными показателями отдельных фракций и набором их характеристик: составом химических элементов, способностью поглощать влагу, физико-химическими параметрами, а также интенсивностью кристаллизации лактозы во время производственного процесса.

В четвертой главе описана экспериментальная технология производства кристаллообразующего агента из пермеата подсырной сыворотки. Проведены испытания по определению идеальных параметров кристаллов заправки, используемой в производственном процессе сухого молочного продукта, что позволило целенаправленно управлять его гранулометрическим составом. Изучено воздействие различных примесей, включая золу, моносахариды и поверхностно-активные вещества, на процесс кристаллизации лактозы при получении сывороточного пермеата. На основании полученных данных были установлены оптимальные нормы внесения разработанного кристаллообразователя в технологический процесс кристаллизации лактозы при выработке пермеата из сыворотки.

В пятой главе с учетом системы менеджмента безопасности пищевой продукции ХАССП разработана технологическая линия производства, включающая распылительную сушилку для получения негигроскопического сухого пермеата. Схема отражает последовательность технологических операций и необходимое оборудование.

Содержание, структура и итоги диссертационного исследования полноценно представлены в автореферате, который соответствует всем нормативам Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки. Дополнительные документы в приложении демонстрируют оригинальность научного вклада и прикладную ценность проведенного исследования, подкрепляя достоверность полученных выводов.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Основной задачей является совершенствование способов получения функциональных пищевых добавок из побочных продуктов молочного производства. Особое внимание уделяется разработке технологии производства негигроскопического сывороточного пермеата определенного размера частиц в сухом виде. Проводятся экспериментальные исследования по созданию теоретической базы для трансформации молочной сыворотки в компоненты с подтвержденными функциональными характеристиками. Результаты этих разработок найдут применение в создании ингредиентов для широкого спектра пищевых производств.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Исследования, проведенные в рамках диссертации, открывают новые возможности для оптимизации производственных процессов и экономии ресурсов в сфере молочного производства. Образовательные программы по специальности "Продукты питания животного происхождения" (19.03.03 и 19.04.03) могут быть обогащены полученными экспериментальными и теоретическими данными при обучении студентов бакалавриата и магистратуры. Кроме того, научные заключения, сформулированные в работе, найдут применение при составлении профильной литературы для специалистов молочной промышленности.

Полнота опубликования основных положений и результатов диссертационной работы

Результаты диссертационного исследования нашли отражение в 21 научной публикации, выполненной как самостоятельно, так и при участии соавторов. Представленные работы полностью соответствуют содержанию и объему диссертации. Среди опубликованных материалов следует отметить 9 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, а также 1 статью, индексируемую в международной базе Scopus.

Замечания по диссертационной работе:

В целом работа заслуживает высокой оценки, однако необходимо внести ряд значимых комментариев и рекомендаций по её улучшению.

1. На страницах 63 и 64 указано, что в исследованных образцах сыворотки массовая доля жира не превышает 0,1 % из-за этапов нанофильтрации и электродиализа, каким образом электродиализ влияет на массовую долю жира?

2. На странице 70 указано, что наличие нерастворимого осадка связано с образованием нерастворимых солей кальция, что подтверждается высокой минеральной составляющей осадка. Ранее говорилось, что использовался прием электродиализа, о какой высокой минеральной составляющей в этом случае может идти речь?

3. Рисунок 4.16 на странице 124 наименован «Гранулометрический состав кристаллообразователя на основе пермеата подсырной сыворотки». Полагаю, что подразумевается гранулометрический состав пермеата подсырной сыворотки, используемого в качестве затравочного материала.

4. Автор не представил расчеты и данные о том, насколько предложенная методика является рентабельной и экономически целесообразной.

5. В научной работе и ее кратком изложении обнаруживаются технические погрешности: повторы идентичных фраз и типографские ошибки.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационное исследование заслуживает высокой оценки.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Научная работа А.С. Гридина представляет собой полноценное исследование, имеющее существенную практическую значимость. Автором предложены инновационные технологические решения по производству сывороточного пермеата с пониженной гигроскопичностью методом распылительной сушки. Данные разработки способствуют эффективному решению актуальных задач в сфере переработки вторичных молочных ресурсов, что особенно важно в современных условиях импортозамещения. Предложенные методы не только экономически целесообразны, но и соответствуют экологическим стандартам. Результаты исследования получили должное освещение в научных публикациях, что подтверждает их теоретическую и практическую ценность для развития отечественной молочной промышленности.

Представленное научное исследование А.С. Гридина полностью отвечает требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Работа демонстрирует практическую направленность и содержит все обязательные составляющие кандидатской диссертации. На основании этого соискатель достоин получения степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 – Пищевые системы.

Официальный оппонент: доктор технических наук по специальности 05.18.12 - Процессы и аппараты пищевых производств, профессор, профессор кафедры технологического оборудования ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА

 Фиалкова Евгения Александровна

«20» 01

2025

Подпись Фиалковой Е.А. заверяю



Ученый секретарь
Ученого совета ФГБОУ
ВО Вологодская ГМХА
к. с-х наук, доцент
Т.С. Кулакова

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА;

Почтовый адрес: 160555, Российская Федерация, Вологодская область, городской округ город Вологда, село Молочное, улица Шмидта, дом 2;

Телефон +7 (8172) 52-57-30,

e-mail: fialkova_ea@mail.ru

Я, Фиалкова Евгения Александровна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Гридина Александра Сергеевича, и их дальнейшую обработку.