

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

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

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Реализация ресурсосберегающих технологий в молочной отрасли стала возможна благодаря применению мембранных методов, которые хорошо зарекомендовали себя не только в процессах обработки молока, но и в переработке вторичных молочных ресурсов, а также стоков молочных предприятий. По сравнению с традиционными методами обработки молочного сырья мембранные процессы протекают без энергоемких фазовых превращений и характеризуются низкими температурными режимами обработки (10-15°C). Внедрение мембранных технологий позволяет интенсифицировать производство и получить дополнительную прибыль за счет экономии ресурсов как сырьевых, так и энергетических, снижая себестоимость готового продукта. Однако использование мембранной фильтрации при переработке молочного сырья характеризуется и наличием ряда проблем, несколько ограничивающих сферы применения получаемых продуктов.

В этой связи диссертационная работа Гридина А.С. представляет собой обширное исследование, направленное на решение важной народно-хозяйственной проблемы – снижение гигроскопичности сывороточного пермеата распылительной сушки и направленное регулирование функционально-технологических свойств готового продукта. Актуальность темы диссертации также подтверждается финансовой поддержкой выполненных исследований в рамках гранта РФФИ № 20-316-90024 по теме: «Разработка технологии сухих негигроскопичных продуктов на основе лактозосодержащего сырья» в период (2020 – 2022) гг.

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

Содержащиеся в диссертационной работе Гридина А.С. научные подходы, выводы и рекомендации основаны на фундаментальных научных изысканиях, общепринятых теоретических закономерностях и являются следствием полученных автором экспериментальных данных. Степень их обоснованности подтверждается глубоким анализом отечественных и зарубежных литературных источников, верной методологией исследования, основанной на научных принципах обеспечения качества вырабатываемой пищевой продукции. Представленные результаты теоретических, аналитиче-

ских и экспериментальных исследований выполнены на высоком научном и методическом уровне с применением современных приборов и методов анализа, математического планирования, моделирования и статистической обработки полученных результатов. Соискателем получен и систематизирован значительный объем экспериментальных данных; результаты диссертационной работы успешно апробированы и внедрены в производственных условиях, достоверность которых не вызывает сомнений.

### **Научная новизна полученных результатов исследований**

Заключается в создании концептуальной диаграммы управления технологическим процессом получения сухих порошков пермеата с прогнозируемыми функционально-технологическими свойствами; определении влияния компонентного состава сухих лактозосодержащих порошков на уменьшение степени кристаллизации лактозы от  $(85,01 \pm 0,20) \%$  до  $(66,8 \pm 0,12) \%$  в ряду: сухой пермеат/ сухая сыворотка/ сухая деминерализованная сыворотка/ сухой деминерализованный пермеат; вычислении значений индексов Хауснера  $(1,1811 \pm 0,019)$  и Карра  $(15,32 \pm 0,02)$  для сухого сывороточного пермеата, характеризующие продукт как сыпучий, нормальной слеживаемости; установлении взаимосвязи между физико-химическими явления и закономерностями кристаллизации лактозы в концентрированном пермеате в присутствии остаточных количеств небелкового азота и минеральных веществ. Автором доказано, что для достижения высокой степени кристаллизации лактозы в сгущенном пермеате (более  $80,0 \%$ ) необходимо применять затравочный материал с размером кристаллов до  $50,0$  мкм, и теоретически обосновано соотношение пермеата и ПАВ в жидком кристаллообразователе, обеспечивающее максимальную степень кристаллизации лактозы  $(84,0 \pm 0,34) \%$ .

### **Теоретическая и практическая значимость**

Состоит в получении массива экспериментальных данных о составе и свойствах сухих порошков из лактозосодержащего сырья и параметрах процесса направленной кристаллизации лактозы в сывороточном пермеате с применением жидкого кристаллообразователя. На основании проведенных исследований разработана техническая документация на «Продукт переработки молока обезжиренный «Пермеат сухой» (ТУ 10.51.56-001-21986117-2018 и ТИ ТУ 10.51.56-001-21986117-2018) Апробация импортозамещающей технологии жидкого кристаллообразователя и внедрение технологии низкогигроскопичного сывороточного пермеата в условиях ПАО «Молочный комбинат «Воронежский» обеспечили создание условий для корректировки ряда технологий функциональных продуктов питания, основанных на фундаментальных знаниях о структурно-механических свойствах сухих порошков пермеата с кристаллизованной лактозой.

## Структура диссертации и автореферата, оценка содержания

Диссертация Гридина А.С. написана грамотным научным языком, характеризуется внутренним единством и соответствует п. 5, 11, 15, 22 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы. Работа состоит из введения, 5 глав экспериментального и аналитического материала, заключения, списка использованных источников, включающего 160 наименований, 13 приложений.

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 представлен литературный обзор относительно современного состояния процессов контролируемой кристаллизации лактозы при переработке лактозосодержащего сырья, обеспечивающих заданные функционально-технологические свойства сухих молочных продуктов с высоким содержанием лактозы. Приведена характеристика технологии получения сухих продуктов на основе лактозосодержащего сырья, а также рассмотрены особенности применения мембранных методов для его стандартизации. На основании проведенного анализа литературных данных сформулирована научная проблема, цели и задачи исследований, а также подтверждена актуальность темы.

Во второй главе приведена схема организации эксперимента, охарактеризованы объекты и методы исследований (в том числе модифицированная методика для определения гигроскопичности сывороточного пермеата, степени кристаллизации лактозы в образцах, метод лазерной дифракции света, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, апробированные математические методы обработки результатов экспериментальных данных).

Третья глава посвящена исследованиям влияния степени кристаллизации лактозы на функционально-технологические характеристики сухих продуктов, выработанных из лактозосодержащего сырья. Проведено фракционирование сывороточного пермеата, полученного методом распылительной сушки, по размерам сухих частиц и установлена зависимость между гранулометрическими характеристиками различных фракций и их химическим составом, физико-химическими свойствами, гигроскопичностью и степенью кристаллизации лактозы в них в процессе производства.

В четвертой главе описаны результаты влияния балластных веществ (зола, моносахаридов, ПАВ) на степень кристаллизации лактозы при выработке сывороточного пермеата. Представлены экспериментальные данные по подбору оптимального размера кристаллов затравочного материала, вносимого на этапе кристаллизации в технологии сухого молочного продукта, с целью направленного воздействия на его гранулометрические характеристики. По результатам была разработана опытная технология кристаллообразователя на основе пермеата подсырной сыворотки и подобрана рекомендуемая

дозировка его внесения в процессе кристаллизации лактозы при производстве сывороточного пермеата.

В пятой главе представлена аппаратурно-технологическая схема выработки сухого негигроскопичного пермеата с применением распылительной сушки с учётом требований ХАССП.

В приложениях к диссертации приведены материалы, подтверждающие научную новизну и практическую значимость полученных результатов выполненных исследований.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание, структуру и результаты диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК при Минобрнауки РФ.

### **Значимость для науки и практики полученных результатов**

Заключается в развитии теоретических основ переработки молочной сыворотки в ингредиенты с доказанными функциональными свойствами, а также практическом совершенствовании технологии сухого сывороточного пермеата с низкой гигроскопичностью и заданным гранулометрическим составом; экспериментально-прикладном обосновании переработки вторичных сырьевых ресурсов молочной отрасли для получения функциональных пищевых ингредиентов для различных отраслей пищевой промышленности.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Представленные результаты теоретических и экспериментальных исследований, приведенные в диссертационной работе, могут служить основой для дальнейшего совершенствования ресурсосберегающих технологий в молочной отрасли.

Научные выводы диссертации могут быть использованы при написании специальной литературы, имеющей отраслевое значение.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть внедрены в учебный процесс при реализации основных образовательных программ подготовки бакалавров и магистров по направлению 19.03.03 и 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения».

### **Полнота опубликования основных положений и результатов диссертационной работы**

По материалам диссертационной работы опубликовано лично автором и в соавторстве 21 научная работа, в том числе 1 статья в журнале, входящем в международную базу данных Scopus, 9 статей в журналах, включенных в перечень ВАК при Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационных исследований, которые в полной мере отражают объем и содержание диссертации.

## Вопросы, замечания и пожелания по работе

Оценивая положительно диссертационную работу в целом, считаю необходимым сделать следующие замечания и высказать пожелания:

1. На С. 95 диссертации в названии таблицы 4.2 ошибочно указан пермеат обезжиренного молока, а не подсырной сыворотки.

2. При описании результатов экспериментальных исследований, представленных в пп. 4.2 (С. 94-97) автору следовало бы привести содержание отдельных минеральных веществ в деминерализованном и исходном недеминерализованном сывороточном пермеате, поскольку объяснение различий в микроструктуре опытных образцов на рис. 4.5 (С. 96) дано с учетом присутствия фосфата кальция. Однако, фосфат кальция, вероятно, находится во всех исследованных образцах, но четко не описана взаимосвязь между его содержанием/наличием и влиянием на кристаллизацию лактозы и гранулометрический состав готового продукта.

3. На С. 108 диссертации при расчете рекомендуемого минимального размера кристаллов затравочного материала было сделано допущение, что он не подвергался размолу. Но далее здесь же на С. 108 в последнем абзаце соискатель акцентирует внимание на том, что была использована мелкокристаллическая лактоза – тонкоизмельченные кристаллы. Была ли автором проведена оценка, насколько критичным может быть это противоречие для расчетов, представленных в этом подпункте?

4. В диссертации отсутствуют сведения об экономической эффективности разработанной технологии. Упоминание о них встречается только в автореферате на С. 19.

5. В рамках дискуссии соискателю следует пояснить принципиальное отличие полученных в ходе исследований результатов и выводов от работ и зависимостей, установленных другими учеными и представителями научных школ иных организаций.

6. По тексту диссертации и автореферата встречаются опечатки, дублирование одних и тех же словосочетаний.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

## Заключение

Диссертация Гридина А.С. является законченной научно-квалификационной работой. В ней обоснованы режимы и разработана технология низкогигроскопичного сывороточного пермеата, полученного с применением распылительной сушки, что позволяет решить важную народнохозяйственную задачу комплексной, экономически обоснованной и экологически безопасной переработки вторичного молочного сырья, что вносит значительный вклад в развитие страны, особенно в условиях импортозамещения. Работа в достаточной мере отражена в периодической печати.

Диссертационная работа включает необходимые элементы квалификационной работы кандидата наук, носит прикладной характер и соответствует требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, а ее автор Гридин Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 – Пищевые системы.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук по специальности  
05.18.04 – Технология мясных, молочных и  
рыбных продуктов и холодильных производств,  
профессор кафедры технологии продуктов  
животного происхождения ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», доцент

Екатерина Викторовна Богданова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий» (ФГБОУ ВО ВГУИТ)  
394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19  
раб. телефон +7 (473) 255-27-65,  
e-mail: [e.bogdanova@vsuet.ru](mailto:e.bogdanova@vsuet.ru), [ek-v-b@yandex.ru](mailto:ek-v-b@yandex.ru)

«23» января 2025 г.

