



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
(КемГУ)

650000, Кемерово, ул. Красная, 6  
Телефон: 8(3842) 58-12-26. Факс: 8(3842) 58-38-85  
E-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru). <http://www.kemsu.ru>

« 18 » мая 2026 г. № 254-Н

## УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
доктор технических наук, доктор  
биологических наук, профессор,  
академик РАН



А.Ю. Просеков

2026 г

## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Кемеровский государственный университет» (КемГУ)

на диссертационную работу Хазова Дмитрия Сергеевича на тему: «Разработка технологии сухой низколактозной сыворотки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.3 Пищевые системы и 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки).

На отзыв представлены диссертационная работа Хазова Д.С., изложенная на 164 страницах машинописного текста, содержащая 20 таблиц, 31 иллюстрацию, приложения и автореферат диссертации. Работа включает введение, 5 глав, заключение, список литературы и приложения. Анализ структуры и содержания диссертационной работы, автореферата позволил сделать следующие выводы.

### Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью решения комплекса проблем, связанных с ежегодно возрастающими объемами образования молочной сыворотки и низким уровнем её глубокой переработки. Особую ценность представляет подсырная сыворотка как источник сывороточных белков и лактозы. Разработка эффективных технологий направленной корректировки углеводного состава – снижения содержания лактозы – является востребованным направлением для создания продуктов специализированного и здорового питания. Работа Хазова Д.С., направленная на создание научно-обоснованной технологии сухой низколактозной сыворотки с использованием комбинации физико-химических (кристаллизация) и биотехнологических

(ферментативный гидролиз) методов, полностью соответствует современным тенденциям развития пищевой индустрии и импортозамещения.

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

Представленные в диссертационной работе научные положения являются обоснованными, что подтверждается анализом 171 источника отечественной и зарубежной литературы по вопросам переработки молочной сыворотки, кристаллизации лактозы, мембранным и электромембранным технологиям, а также ферментативному гидролизу лактозы  $\beta$ -галактозидазами *Kluyveromyces lactis*. Методологический подход, включающий последовательные этапы от оптимизации режимов нанофильтрации, кристаллизации, промывки кристаллов, деминерализации и гидролиза до опытно-промышленной апробации, обеспечивает системный характер работы и высокую воспроизводимость результатов.

Достоверность экспериментальных данных обусловлена использованием современных сертифицированных методик (ГОСТ 29246-91, ГОСТ 34454-2018, ГОСТ 29248-91 и др.), многократной повторностью опытов (3–5-кратная), а также статистической обработкой результатов (дисперсионный анализ с тестом Тьюки при  $p \leq 0,05$ ). Экспериментальные данные подтверждены результатами математического моделирования (коэффициенты детерминации регрессионных моделей не ниже 0,95). Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, из которых 3 в журналах перечня ВАК РФ, и представлены на шести международных и всероссийских конференциях, что свидетельствует о широкой апробации результатов исследования.

### **Научная новизна диссертации и личный вклад соискателя в разработку научной проблемы**

Диссертационная работа Хазова Д.С. содержит ряд новых научных результатов, имеющих существенное значение для развития технологий переработки молочной сыворотки. На основе детального анализа 171 источника отечественной и зарубежной литературы автором чётко сформулированы цель и задачи исследования; предложена и обоснована интегрированная двухэтапная технология снижения содержания лактозы, сочетающая физико-химические (кристаллизация) и биотехнологические (ферментативный гидролиз) методы.

Впервые экспериментально доказано, что применение диафильтрации в сочетании с нанофильтрацией не оказывает значимого влияния на эффективность кристаллизации лактозы (степень кристаллизации возрастает лишь с 74% до 76%, морфология кристаллов не изменяется), что позволяет оптимизировать технологический процесс и избежать неоправданных ресурсных затрат при переработке подсырной сыворотки с нормативным содержанием минеральных веществ. Комплексно изучено влияние промывки кристаллов лактозы на компонентный состав делактозированной сыворотки. Методом полного двухфакторного эксперимента установлены оптимальные параметры промывки: температура 20–30 °С, объём промывной воды 50–90 % от массы кристаллов, позволяющие повысить массовую долю белка в сухом остатке делактозированной

сыворотки до 26,0 %, что в 2,5 раза превышает содержание белка в исходном сырье.

Проведено сравнительное исследование двух методов деминерализации – электродиализа и мембранной ёмкостной деионизации (МЕДИ). Установлено, что МЕДИ обеспечивает лишь 35,9 % удаления минеральных веществ, что недостаточно для получения продукта с высокими органолептическими характеристиками. В то же время электродиализ позволяет достичь степени деминерализации более 90 %, при этом выявлена характерная двухстадийная кинетика процесса: высокая начальная скорость сменяется резким замедлением после достижения 70 % деминерализации, что имеет важное технологическое значение для выбора оптимальной глубины обработки. Автором впервые установлено определяющее влияние ионного состава делактозированной сыворотки на каталитическую активность  $\beta$ -галактозидазы *K. lactis*. Доказано, что максимальная начальная скорость гидролиза достигается в недеминерализованном сырьё при оптимальном соотношении одновалентных и двухвалентных катионов ( $[Na^{++}K^{+}]/[Ca^{2+}+Mg^{2+}] \approx 2,12$ ). Глубокая деминерализация (70–90 %), сопровождающаяся удалением активирующих одновалентных ионов и относительным увеличением доли двухвалентных, приводит к снижению каталитической активности фермента на 20–25 %.

Изучено влияние гидролиза лактозы на реологические свойства и процесс распылительной сушки делактозированной сыворотки. Показано, что повышенное содержание белка (до 30 % в сухом остатке) стабилизирует систему за счёт повышения температуры стеклования, обеспечивая высокий выход сухого продукта (более 92 %). Установлено, что гидролизованная сыворотка характеризуется повышенной гигроскопичностью вследствие присутствия аморфных моносахаридов, что требует применения барьерной упаковки при хранении.

Личный вклад соискателя является определяющим. Автором самостоятельно разработаны программа и схема исследований, выполнены экспериментальные работы по всем этапам технологии, реализован двухфакторный эксперимент, выполнена статистическая обработка данных.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

На основе результатов разработаны и внедрены ТУ и ТИ на сыворотку молочную низколактозную деминерализованную сухую, проведена опытно-промышленная апробация на АО «Молочный комбинат «Ставропольский».

Практическая ценность работы заключается в создании технологической платформы, обеспечивающей возможность выпуска линейки сухих продуктов с варьируемым уровнем деминерализации (70 % или 90 %) и степенью делактозирования (кристаллизация или ферментативный гидролиз). Разработанная технология расширяет ассортимент отечественных ингредиентов для пищевой (включая специализированное и детское питание), фармацевтической и кормовой промышленности.

Экономическая эффективность разработанной технологии подтверждена расчётами: рентабельность производства составляет 43,64 %, а срок окупаемости капитальных вложений – 4,49 года, что превосходит показатели традиционной линии (39,18 % и 6,42 года соответственно). Установлен срок годности готового

продукта – 12 месяцев при температуре  $(20 \pm 2)$  °С и относительной влажности воздуха не более 80 %. На основе принципов НАССР разработан перечень критических контрольных точек и контрольных точек качества для обеспечения безопасности технологического процесса.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о присуждении учёных степеней»**

Диссертационная работа и автореферат Хазова Дмитрия Сергеевича по форме и содержанию полностью соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям (пп. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции). Представленное исследование является завершённой научно-квалификационной работой, обладающей теоретической и практической значимостью для молочной промышленности. В диссертации содержится решение научной задачи, имеющее существенное значение для развития отрасли, включая новые научные положения и результаты их практической реализации.

Структура работы (введение, пять глав, заключение, список сокращений, список литературы из 171 источника, 31 рисунок, 20 таблиц, 8 приложений) отражает логику проведённого исследования и соответствует паспорту научной специальности 4.3.3 Пищевые системы и 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ. Автореферат воспроизводит основное содержание диссертации; в нём представлены все необходимые разделы: актуальность, научная новизна, практическая значимость, методология, положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации и публикациях.

Количество и качество публикаций соискателя удовлетворяют установленным критериям: по теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, из них 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 9 статей в изданиях, индексируемых в РИНЦ. Результаты исследования прошли достаточную апробацию на 6 международных и всероссийских научно-практических конференциях и симпозиумах (Оренбург, 2023; Кемерово, 2023; Москва, 2024; Ставрополь, 2024, 2025), что подтверждено материалами автореферата.

### **Оценка содержания диссертации и её завершенность**

Диссертационная работа имеет чёткую и логически выдержанную структуру, полностью соответствующую цели и поставленным задачам исследования.

*Во введении* обоснована актуальность переработки молочной сыворотки, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы.

*В первой главе* представлен систематизированный анализ научно-технической литературы по составу и свойствам молочной сыворотки, методам корректировки её компонентного состава, включая нанофильтрацию, электродиализ, кристаллизацию лактозы и ферментативный гидролиз. Показано, что комбинирование физико-химических и биотехнологических методов является перспективным направлением для получения продуктов с заданными свойствами.

*Во второй главе* описаны объекты и методы исследования, представлена схема проведения экспериментов (рисунок 1). Приведены характеристики

используемых ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы *K. Lactis* (Biolactase L20 и Mayalact L 5000), а также стандартизованные и специальные лабораторные методики оценки физико-химических, микробиологических и реологических показателей.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований. Установлено, что применение диафильтрации при нанофильтрационной обработке повышает степень деминерализации с 29,6 % до 45,9 %, но не оказывает значимого влияния на эффективность кристаллизации лактозы. Методом двухфакторного эксперимента определены оптимальные параметры промывки кристаллов лактозы (температура 20–30 °С, объём промывной воды 50–90 % от массы кристаллов), позволяющие повысить массовую долю белка в сухом остатке делактозированной сыворотки до 26,0 % (в 2,5 раза выше исходного уровня). Проведено сравнение методов деминерализации: МЕДИ обеспечивает лишь 35,9 % удаления солей, тогда как электродиализ позволяет достичь степени деминерализации более 90 % с характерной двухстадийной кинетикой.

В четвёртой главе исследован ферментативный гидролиз лактозы в делактозированной сыворотке. Установлено, что препарат *Biolactase* L20 обеспечивает степень гидролиза 85,2 % против 70,2 % у *Mayalact* L 5000. Доза фермента 1,2 мл/л определена как оптимальная (степень гидролиза >80 %). Доказано определяющее влияние ионного состава на активность  $\beta$ -галактозидазы: максимальная скорость гидролиза достигается при соотношении ( $[Na^+ + K^+] / [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \approx 2,12$ ). Изучено влияние гидролиза на реологические свойства и процесс распылительной сушки; показано, что повышенное содержание белка (до 30 % в сухом остатке) стабилизирует систему, обеспечивая выход сухого продукта более 92 %.

В пятой главе представлена технология сухой низколактозной деминерализованной сыворотки с учётом требований НАССР. Установлен срок годности продукта 12 месяцев при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха не более 80 %. Экономическая эффективность подтверждена расчётами: рентабельность производства составляет 43,64 %, срок окупаемости капитальных вложений – 4,49 года. Технология апробирована на АО «Молочный комбинат «Ставропольский», утверждены технические условия и технологическая инструкция (ТУ и ТИ 10.51.55.150-016-37676459-2025).

В заключении сформулированы 10 выводов, полностью соответствующих поставленным задачам.

Таким образом, диссертация Хазова Д.С. представляет собой завершённое научное исследование, логически выстроенное и содержащее все необходимые элементы.

### **Вопросы, замечания и пожелания по диссертационной работе**

По результатам анализа диссертационной работы выявлены следующие вопросы, замечания и пожелания:

1. В работе (раздел 4.3, рисунок 6) убедительно показано, что глубокая деминерализация (90%) снижает начальную скорость ферментативного гидролиза лактозы. Каков предполагаемый молекулярный механизм влияния удаления одновалентных катионов ( $Na^+$ ,  $K^+$ ) на конформацию активного центра  $\beta$ -

галактозидазы *K. lactis*? Исследовалась ли возможность частичного возврата регулируемых количеств ионов (например,  $K^+$  или  $Mg^{2+}$ ) в деминерализованную среду с целью восстановления каталитической активности фермента?

2. В разделе 3.2 (таблица 2, рисунки 3 и 4) автором определена оптимальная область промывки кристаллов лактозы (температура 20–30 °С, объём промывной воды 50–90 % от массы кристаллов), обеспечивающая максимальное содержание белка в сухом остатке делактозированной сыворотки. Каков физико-химический механизм снижения массовой доли белка при увеличении объёма промывной воды свыше 90 %? Связано ли это исключительно с вымыванием лактозы и соответствующим разбавлением, или же имеет место дополнительное вымывание мелкодисперсных белковых агрегатов, слабо связанных с кристаллической решёткой лактозы?

3. При сравнительной оценке методов деминерализации (раздел 3.4–3.5, таблица 3, рисунок 5) установлено, что МЕДИ обеспечивает лишь 35,9 % удаления солей, тогда как электродиализ позволяет достичь 90 %. Рассматривалась ли возможность комбинированного использования этих методов (например, предварительная МЕДИ для снижения минеральной нагрузки с последующей доочисткой электродиализом) с целью повышения энергоэффективности процесса при получении продукта с уровнем деминерализации 90 %?

4. В разделе 5.2 установлен срок годности разработанного продукта – 12 месяцев. Чем обусловлен выбор именно этого срока хранения? Какие параметры (тип упаковки, предельные значения относительной влажности воздуха, температурный режим) являются критическими для обеспечения заявленной хранимоспособности? Проводились ли исследования по подбору оптимальной упаковки (например, сравнение многослойных бумажных мешков с полиэтиленовыми вкладышами и вакуумных упаковок)?

5. В тексте диссертации встречаются отдельные стилистические погрешности и дублирования. В частности, фрагмент на странице 104 (описание влияния гидролиза лактозы на физико-химические свойства системы) частично повторяется на странице 110, что затрудняет восприятие материала. Рекомендуется при подготовке публикаций по теме исследования избегать смысловых повторов и более тщательно вычищать текст.

Поставленные вопросы и замечания не снижают научной и практической ценности выполненной работы и носят дискуссионный характер.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Хазова Дмитрия Сергеевича на тему «Разработка технологии сухой низколактозной сыворотки» по своему содержанию, научной новизне, объёму выполненных экспериментальных исследований, практической значимости и оформлению полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, изложенным в Положении о присуждении учёных степеней, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.3 Пищевые системы и 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ.

Отзыв подготовлен заведующей кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный

университет», доктором технических наук, профессором Курбановой Мариной Геннадьевной.

Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании кафедры технологии продуктов питания животного происхождения Технологического института пищевой промышленности ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Присутствовало на заседании кафедры 11 человек. В обсуждении приняли участие 3 человека. Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 12 от «16» мая 2026 г.

Заведующая кафедрой, д.т.н., профессор,  
шифр специальности: 05.18.04 Технология  
мясных, молочных и рыбных продуктов и  
холодильных производств»

М.Г. Курбанова

### Контактные данные

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Кемеровский государственный  
университет», Технологический институт  
пищевой промышленности.

Адрес: 650000, Кемеровская обл. – Кузбасс,  
г. Кемерово, ул. Красная, д. 6.

Веб-сайт: <https://kemsu.ru>

Email: [tppgs@kemsu.ru](mailto:tppgs@kemsu.ru),

Телефон: +7(3842)39-68-58

