

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научной и
исследовательской работе

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
кандидат физико-математических
наук, доцент



А. А. Алиханов

« 7 » мая 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» на диссертационную работу Ворошилина Романа Алексеевича на тему: «Биотехнологии, состав и свойства гидролизатов коллагена», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Диссертационная работа Ворошилина Романа Алексеевича выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет».

Актуальность темы диссертационной работы Ворошилина Романа Алексеевича связана с решением проблем получения биологически активных соединений из природного сырья, в частности, гидроколлоидов животного происхождения. Одним из наиболее востребованных на отечественном и зарубежном рынке продуктов данной группы являются гидролизаты коллагена. Они представляют собой смесь низкомолекулярных пептидов, свободных аминокислот и их дериватов, характеризующихся рядом ценных физиологических свойств.

Разработка, масштабирование и внедрение современных биотехнологических методов получения гидролизатов коллагена из вторичных ресурсов переработки сырья животного происхождения, отвечает задачам устойчивого развития, экологической безопасности и

принципам наилучших доступных технологий. Таким образом, диссертационная работа Ворошилина Романа Алексеевича направлена на создание импортозамещающей биотехнологии получения гидролизатов коллагена, востребованных в функциональном питании, медицине и фармацевтической промышленности и решение задач по обеспечению технологического суверенитета Российской Федерации.

Научная новизна диссертационных исследований обусловлена следующими положениями.

- Экспериментально обоснованы технологические схемы ферментативного обезжиривания коллагенсодержащего сырья животного происхождения с использованием липаз, позволяющие эффективно удалять жировую фракцию в диапазоне 10-18 %.

- Подтверждена высокая эффективность применения ферментов микробиального происхождения (пепсин *Rhizomucor miehei*, пепсин *Bacillus subtilis*, протеаза поларзим *Acromonium chrysogenum*) для ферментативного гидролиза коллагена из вторичных ресурсов переработки сырья животного происхождения, установлены оптимальные технологические параметры процесса.

- Научно обосновано применение ультрафильтрации на заключительных стадиях получения гидролизатов коллагена, что значительно повышает эффективность, гомогенность и потребительские характеристики полученного продукта.

- Проведены исследования *in silico* (молекулярный докинг и моделирование аминокислотных последовательностей), показавшие наличие в гидролизатах коллагена функциональных и потенциально терапевтических свойств, востребованных в биомедицинских и пищевых технологиях.

- На модели *in vivo* доказан положительный физиологический эффект полученных гидролизатов, что обуславливает целесообразность их применения в медицине и функциональном питании.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы Ворошилина Р.А. подтверждается разработкой новых подходов в производстве пищевого гидролизата коллагена. Внедрение разработанной

технологии позволит получать гидролизаты с заданными биологически активными свойствами, что позволяет рекомендовать их применение при производстве функциональных продуктов и в биомедицинской промышленности.

Практическая значимость работы подтверждается следующими аспектами.

– На разработанные технические решения получены патенты Российской Федерации: № 2783233 «Способ биокаталитической обработки костного сырья», № 2800526 «Способ получения сухого быстрорастворимого желатина», № 2816712 «Способ производства желатина», № 2823831 «Вакуумная сушилка для сухих и жидких продуктов».

– Разработаны и утверждены комплекты технической документации: ТИ № 10.13.15-284-02068309-2022 «Гидролизаты коллагена из костного сырья крупного рогатого скота», ТИ № 10.13.15-288-02068309-2023 «Гидролизаты коллагена из субпродуктов переработки сельскохозяйственной птицы», ТИ № 10.13.15-292-02068309-2023 «Гидролизаты коллагена из свиной шкуры».

– Проведена промышленная апробация и внедрение разработанных образцов гидролизатов коллагена в производственный процесс на предприятиях: ООО НПО «Здоровое питание» (г. Кемерово), ООО «Биолит» (г. Томск), ООО «Да» (г. Владикавказ).

– Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс Кемеровского государственного университета в рамках образовательных программ бакалавриата по направлениям 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения» и 19.03.01 «Биотехнология», а также в магистратуре укрупненной группы направлений подготовки 19.00.00 «Промышленная экология и биотехнологии» и при организации научно-исследовательской и практической работы аспирантов.

Степень достоверности результатов исследований.
Представленные в работе научные положения обоснованы и подтверждены значительным объемом теоретической базы, результатами экспериментальных исследований. Экспериментальные данные в

достаточной степени коррелируют с общетеоретическими концепциями, принятыми в данной области исследований.

Достоверность представленных в диссертации результатов обусловлена применением современных лабораторных методов и используемой автором методической базой, на основе которой осуществлялись постановка и анализ результатов экспериментальных исследований.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследования Ворошилина Р.А. отражены в более 80 научных работах, в том числе в 8 статьях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и/или Web of Science, 18 статьях в журналах, рекомендованных ВАК, 17 из которых входят в категории K1-K2, в одной монографии, в 50 материалах конференций, четырех патентах на изобретение, трех отчетах НИОКР, двух учебных пособиях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа Ворошилина Р.А. полностью соответствует паспорту научной специальности 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки) в части пунктов 5, 6, 8, 15, 16, 25, 26, 29.

Общая оценка, вопросы и замечания

В качестве общей оценки диссертации следует отметить, что работа Ворошилина Романа Алексеевича представляет собой цельное и законченное научное исследование, выполненное на современном уровне и включающее значительный объём экспериментальных данных, демонстрирующих как высокую научную новизну, так и значительную практическую востребованность полученных результатов. Диссертационная работа Ворошилина Р.А. выполнена в соответствии с требованиями ВАК РФ, состоит из введения, аналитического обзора литературы, методологической части, включая схему организации научных исследований, экспериментальных глав, содержащих результаты собственных исследований, заключения по работе, списка использованной литературы и 14 приложений. Основное содержание работы изложено на 373 страницах машинописного текста, содержит 74 таблицы, 88 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи, необходимые для реализации этой цели, научная новизна практическая значимость, представлены сведения об апробации.

В первой главе автором проведен обзор научно-технической литературы по теме диссертационного исследования. Определены цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе изложена организация проведения научных экспериментов, представлена общая структура проведения исследований. Приведены объекты исследований и методы, применяемые диссертантом при выполнении работы.

В третьей главе разработана комплексная научная концепция работы. Проведен анализ сырьевой базы для производства гидролизатов коллагена, выполнено научное обоснование выбора сырья. Осуществлена оптимизация процессов подготовки коллагенсодержащего сырья для гидролиза. Обоснован выбор ферментов для обезжиривания сырья.

В четвертой главе осуществлен подбор ферментов для гидролиза коллагенсодержащего сырья. Определено влияние технологических параметров на эффективность данного процесса. Научно и практически обосновано применение баромембранных технологий на стадиях фильтрации и концентрирования коллагеновых бульонов. Обоснованы параметры распылительной сушки полученных продуктов. Установлено влияние разработанных технологий на физико-химические показатели гидролизатов, их молекулярно-массовое распределение и аминокислотный состав.

В пятой главе автором проведено молекулярное моделирование структуры и свойств полученных образцов гидролизатов коллагена. Осуществлено моделирование топологии гидрофобных и гидрофильных участков, а также трансмембранных тенденций аминокислот в составе гидролизатов коллагена. Проведена оценка потенциальных биоактивных свойств данных соединений в рамках моделирования в модели *in silico*.

В шестой главе проведен биологический эксперимент, направленный на изучение эффективности и свойств полученных образцов гидролизатов коллагена в модели *in vivo*. Изучено воздействие исследуемых образцов

гидролизатов на динамику массы тела подопытных животных, биохимические и морфологические параметры сыворотки крови. Проведены некропсия и гистологическое исследование органов и тканей экспериментальных животных. Оценена эффективность коллагеновых гидролизатов в процессе заживления плоскостных ран, моделированных оперативным путем у мышей.

В седьмой главе разработана комплексная технология производства гидролизатов коллагена. Проведена оценка потенциальных рисков, связанных с производственным процессом, и выполнен расчет экономической эффективности. Разработана и утверждена техническая документации, проведена ее производственная апробация.

В конце работы представлено **заключение**, в котором обобщены результаты экспериментальных исследований, выполненных автором. Основные результаты и выводы соответствуют целям и задачам, поставленным в работе, экспериментальным данным и их анализу, представленным в диссертации.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Наряду с отмеченными выше положительными моментами, научной и практической значимостью полученных результатов, при ознакомлении с диссертационной работой возник ряд дискуссионных вопросов и замечаний:

1. В разделе 1.6 диссертации целесообразно было сделать акцент на обоснование выбора протеаз микробного происхождения, использованных в собственных исследованиях автора.
2. В разделе 2.2 диссертации необходимо было представить более подробную характеристику использованных ферментных препаратов: форма выпуска, производители, активность в международных единицах, наличие нормативной или технической документации.
3. В разделе 4.2 требует пояснения механизм подбора параметров для схем оптимизации технологических этапов процесса гидролиза.
4. В разделе 4.3 (с. 149) представлены результаты исследования ключевых физико-химических характеристик выработанных коллагеновых

бульонов. В данном контексте необходимо предоставить разъяснения относительно методологии отбора образцов для анализа. В частности, следует уточнить, почему для оценки исследуемых параметров были выбраны только два образца бульонов, полученных в результате гидролиза коллагена из свиной шкурки.

5. В процессе ультрафильтрации образуется значительное количество пермеата, однако автор не конкретизирует его целевое применение. Возникает вопрос: на какие цели можно использовать данный продукт мембранного фракционирования?

Вместе с тем, указанные замечания и вопросы не снижают общей высокой оценки диссертации, подготовленной на высоком научном и техническом уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Ворошилина Романа Алексеевича представляет собой научно-квалификационное исследование, в рамках которого автором разработаны теоретические положения, совокупность которых может быть квалифицирована как научное достижение. В работе также изложены новые научно обоснованные биотехнологии производства гидролизатов коллагена, проведена оценка их биологических свойств с использованием современных методов, внедрение данных технологий вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Диссертационное исследование Ворошилина Романа Алексеевича соответствует паспорту специальности 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), а ее автор Ворошилин Роман Алексеевич заслуживает

присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.3.5. Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ.

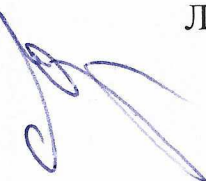
Отзыв подготовлен Емельяновым Сергеем Александровичем, профессором кафедры прикладной биотехнологии факультета пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, доктором технических наук по специальности 05.18.07 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ, доцентом.

Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры прикладной биотехнологии факультета пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова, протокол № 16 от 30.06.2025 года.

Присутствовало на заседании 19 чел. В обсуждении приняло участие 4 чел. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Заведующий кафедрой прикладной биотехнологии,
главный научный сотрудник НИЛ
пищевой и промышленной биотехнологии
факультета пищевой инженерии и биотехнологий
имени академика А.Г. Храмцова
доктор технических наук, доцент

Лодыгин Алексей Дмитриевич



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ:
начальник отдела по
работе с сотрудниками УКА

И.С. ГОРБАЧЕВА

Контактные данные:

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Web-сайт: <http://www.ncfu.ru>

тел.: 8(8652)95-68-08

