

«УТВЕРЖДАЮ»

Врио ректора
ФГБОУ ВО «ЛГТУ»



Д.Н. Помотилов

« 26 » мая 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Липецкий государственный технический университет»
(протокол заседания кафедры химии от «26» мая 2025 года № 9)

Присутствовали: заведующий кафедрой химии, к.х.н., доцент А.В. Бондаренко, к.х.н., доцент И.В. Глазунова, д.х.н., профессор Е.Н. Калмыкова, к.х.н., доцент Е.М. Красникова, к.т.н., доцент Р.И. Хоперский, к.х.н., доцент И.Г. Соболева, к.х.н., доцент А.В. Дудкин, к.х.н., доцент Е.С. Дергунова, к.х.н., доцент О.Ю. Шашканова, к.т.н., доцент С.А. Андриянцева.

Всего присутствовало: 10 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы Мамедова Элмаддина Исаевича, ассистента кафедры химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет» на тему: «Разработка металлосодержащих композиционных материалов на основе пектинов различной природы».

Работа выполнена на кафедре химии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Тема диссертационной работы Э.И. Мамедова и научный руководитель, профессор кафедры химии, доктор химических наук по научной специальности 02.00.02 – Аналитическая химия, доцент Елена Николаевна Калмыкова

утверждены на заседании Ученого совета Metallургического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», протокол от 20.03.2025 №7.

СЛУШАЛИ:

Сообщение Мамедова Э.И., изложившего основное содержание своей диссертационной работы.

Мамедову Э.И. были заданы следующие вопросы:

Бондаренко А.В.: 1. Почему использовали двухстадийный подход при синтезе металлосодержащих композиционных материалов? 2. Как рассчитывали степень включения катионов металлов в полисахаридный матрикс?

Глазунова И.В.: 1. Почему в качестве экстрагента был использован оксалат аммония?

Соболева И.Г.: 1. Кто выполнял микробиологические исследования?

Дудкин А.В.: 1. Объясните схему взаимодействия пектинового матрикса с катионами металлов.

Красникова Е.М.: 1. Чем обусловлен выбор температуры 55°C и времени 30 минут для синтеза металлокомплексов? 2. Чем объяснить наиболее высокую антиоксидантную активность тыквенного пектина и его металлокомплексов по сравнению с остальными гликанами?

Дергунова Е.С.: 1. Где были выполнены исследования по оценке токсикологических свойств медных комплексов?

В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой химии, к.х.н., доцент А.В. Бондаренко, к.х.н., доцент И.В. Глазунова, д.х.н., профессор Е.Н. Калмыкова, к.х.н., доцент Е.М. Красникова, к.т.н., доцент Р.И. Хоперский, к.х.н., доцент И.Г. Соболева, к.х.н., доцент А.В. Дудкин, к.х.н., доцент Е.С. Дергунова, к.х.н., доцент О.Ю. Шашканова, к.т.н., доцент С.А. Андриянцева.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Э.И. Мамедова, принять следующее заключение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка металлсодержащих композиционных материалов на основе пектинов различной природы» по научной специальности 1.5.6 – Биотехнология (химические науки) выполнена на кафедре химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

В процессе подготовки диссертации Мамедов Элмаддин Исаевич, «30» октября 1997 года рождения, являлся аспирантом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет». Работает в должности инженера кафедры химии с «16» февраля 2022 года по настоящее время и в должности ассистента кафедры химии с «02» сентября 2024 года по настоящее время. Срок обучения в аспирантуре – с 01 сентября 2021 года по 31 августа 2025 года.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам «История и философия науки» и «Иностранный язык» выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Липецкий государственный технический университет» в 2025 году. Справка о сдаче кандидатского экзамена по дисциплине 1.5.6. Биотехнология выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» в 2025 году.

Научный руководитель: доктор химических наук по специальности 02.00.02 – Аналитическая химия, доцент, профессор кафедры химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет» Калмыкова Елена Николаевна.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Разработка металлсодержащих композиционных материалов на основе пектинов различной природы» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что в настоящее время разработка материалов на основе пектинов с различными органическими и неорганическими наполнителями привлекает активное внимание

ученых в различных областях исследований. Наличие разнохарактерных функциональных групп пектинов позволяет получить производные с новыми физико-химическими и биологическими свойствами, что значительно расширяет рамки практического применения химически модифицированных пектинов в пищевой, фармацевтической промышленности, медицине и косметологии. Строение пектиновых полисахаридов характеризуется широким структурным разнообразием. Так, цитрусовый пектин, по мнению большинства авторов, содержит преимущественно гомополимер, состоящий из остатков α -(1,4)-D-галактуроновой кислоты; яблочный, свекловичный пектины наряду с гомополисахаридом, характеризуются наличием гетерополисахарида, в состав повторяющегося звена которого входят также остатки нейтрального моносахарида L-рамнозы. Тыква представляет собой нетрадиционный источник разветвленных пектинов, гетерополисахаридные блоки которых имеют боковые цепочки, состоящие из нейтральных олигомеров (галактаны и арабинаны). Известно, что пектины являются эффективными биосорбентами, способными очищать организм от радионуклидов, различных метаболитов (включая глюкозу и холестерин), токсикантов и прочих низкомолекулярных биологически активных веществ (БАВ). Наряду с указанными характеристиками этому классу биополимеров свойственно проявление противоязвенной, ранозаживляющей, иммуномодулирующей, антиоксидантной, противомикробной и других видов активности. В последние годы интерес исследователей направлен на разработку различных методов модификации пектинов (алкилирование, амидирование, фосфорилирование, сульфатирование, тиолирование и др.) с целью получения материалов с заданными свойствами. Особое место занимает разработка методов включения в их состав катионов серебра, никеля, кобальта, меди, железа, магния, цинка и других биогенных металлов. Это открывает перспективу более эффективного практического применения металлосодержащих композиционных материалов (металлокомплексов) не только в пищевой промышленности и медицине, но и в косметологии для производства кремов, мазей, гелей, пластырей с противогрибковым эффектом. К настоящему времени установлено, что комплексообразование не только снижает токсичность лигандов, но и повышает биологический эффект за счет их постепенного высвобождения и обеспечения

продолжительного действия комплекса. Важное значение при этом имеет растворимость металлокомплексов в воде, способствующая повышению биодоступности препаратов и возможности их более широкого практического использования.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Впервые установлена зависимость физико-химических свойств металлосодержащих композиционных материалов на основе природных пектинов от особенностей химической структуры полисахаридных матриц.

2. Установлена высокая антиоксидантная активность всех металлокомплексов на основе тыквенного пектина, который характеризуется наиболее сложной разветвленной структурой и низкой степенью этерификации (36,3%).

3. Показана возможность использования метода ИК-спектроскопии для оценки степени включения катионов металлов в состав пектиновой матрицы по величине сигнала свободных карбоксильных групп исходных пектинов и полученных комплексов. Установлена зависимость степени включения катионов металлов от их электроотрицательности в ряду: $\text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

4. Продемонстрирована способность тыквенного пектина подавлять развитие грибковых культур *Aspergillus niger* и *Penicillium notatum* при добавлении в продукты детского питания (сок, пюре).

5. Для медного комплекса на основе тыквенного пектина выявлена более высокая противогрибковая активность в 1,5-2 раза по сравнению с исходным полисахаридом.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что:

Теоретически обосновано влияние химической структуры углеводного полимерного матрикса на физико-химические и биологические свойства пектинов и их металлосодержащих композиционных материалов. Показано, что полисахарид со сложным разветвленным строением (тыквенный пектин) обладает более высокой эффективностью сорбции катионов металлов, что можно объяснить взаимодействием с карбоксильными и гидроксильными группами не только кислых, но и нейтральных моносахаридов. Максимальная противогрибковая активность медных комплексов на основе разветвленного тыквенного пектина по

сравнению с медными комплексами на основе яблочного пектина, имеющего линейное строение, обусловлена более высокой степенью включения катионов меди в состав разветвленного пектинового матрикса.

Антиоксидантная активность тыквенного пектина и всех его металлокомплексов обусловлена не только низкой степенью этерификации, но и разветвленностью структуры макромолекулы.

Различия в реологических свойствах пектинов могут быть связаны с величиной молекулярной массы, которая выше для линейного гетерополисахарида (яблочного пектина) по сравнению с линейным гомополисахаридом (цитрусовым пектином) и разветвленным тыквенным пектином.

Разработаны рекомендации по практическому использованию тыквенного пектина в качестве природного нетоксичного консерванта, продлевающего сроки хранения пищевых продуктов. Медные комплексы тыквенного пектина могут быть рекомендованы для применения в косметологии в качестве компонентов кремов, мазей, гелей, пластырей с противогрибковым эффектом.

Методики получения, а также физико-химические и некоторые биологические свойства металлокомплексов на основе полисахаридов различного строения позволили получить новые знания, которые можно использовать в рамках курсов «Основы биоорганической химии», «Биохимия» и «Химические основы биологических процессов», «Общая химическая технология» при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов по направлениям «Химическая технология», «Аналитическая химия» и «Фундаментальная и прикладная химия».

Полученные результаты являются научной основой для разработки и внедрения в едином непрерывном технологическом цикле ценных продуктов: пектинов из разных природных источников и металлокомплексов на их основе в качестве компонентов для создания новых видов пищевых продуктов и косметических средств и могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в организациях и на предприятиях пищевой, легкой и фармацевтической промышленности.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 19 публикациях, из них 3 статьи в научных рецензируемых журналах из Перечня ВАК Минобрнауки России и международных реферативных баз данных.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук, Белгород, 18-20 мая 2022 г.; Международной научно-практической конференции «Перспективные материалы науки, технологий и производства», Курск, 24 мая 2022 г.; XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 16-19 мая 2022 г.; XII Всероссийской научной конференции с международным участием и школой молодых ученых «Химия и технология растительных веществ», Киров, 29 ноября-02 декабря 2022 г.; Международной научно-практической конференции «Четвертая промышленная революция и инновационные технологии», посвященная 100-летию со дня рождения общенационального лидера Гейдара Алиева, Гянджа, 3-4 мая 2023 г.; Научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета «Тенденции развития современной науки», Липецк, 20 марта-12 мая 2023 г.; XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проспект Свободный – 2023», Красноярск, 24-29 апреля 2023 г.; Международного научно-технического симпозиума, посвящённого 120-летию со дня рождения П. Г. Романкова (ISTS «EESTE-2024») «Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности», Москва, 20-22 февраля 2024 г.; XXVII Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием), Нижний Новгород, 16-18 апреля 2024 г.; Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития науки и технологий в период четвертой промышленной революции», посвященной 101-й годовщине со дня рождения общенационального лидера Азербайджана Гейдара Алиева, Гянджа, 6-7 мая 2024 г.;

XIII Международной научной конференции со школой молодых ученых «Химия и технология растительных веществ», Сыктывкар, 28 мая-01 июня 2024 г.; International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) (2022, 2023, 2024 гг.)

Публикации в изданиях из Перечня ВАК Минобрнауки России и публикации, включенные в международные реферативные базы данных:

1. Мамедов Э.И. Возможности биомедицинского применения модифицированных пектинов / Э.И. Мамедов, Е.С. Дергунова, Е.Н. Калмыкова // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 77-85.

(Chemical Abstracts)

2. Jasim Sh. M. Physico-chemical and biological properties of pumpkin pectin / Sh.M. Jasim, E.I. Mamedov, V.A. Koltsov, Yu.V. Rodionov, G.V. Rybin, E.N. Kalmykova // Plant Science Today. – 2024. – Vol. 11. – № 4. – P. 1494-1499. DOI: 10.14719/pst.3929 **(Web of Science, Scopus)**

3. Мамедов Э.И. Синтез и физико-химические свойства медных комплексов на основе пектинов различного строения / Э.И. Мамедов, Е.Н. Калмыкова, Ю.М. Аверина, В.В. Челноков, К.О. Рой // Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 5. – С. 27-34. **(CAS)**

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях (конференциях, съездах, симпозиумах, конгрессах):

1. Mamedov E. Automation of Technology for Obtaining Pectin Metal Complexes / E. Mamedov, S. Suslova, E. Kalmykova, I. Tsyganov // Proceedings - 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2022. – P. 651-654. DOI: 10.1109/SUMMA57301.2022.9974043

2. Мамедов Э.И. ИК-спектроскопия композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов меди и железа / Э.И. Мамедов, А. Сарт // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук. – Белгород. – 2022. – С. 89-92.

3. Сарр А. Оптическая микроскопия композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов железа / А. Сарр, Э.И. Мамедов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук. – Белгород. – 2022. – С. 133-136.

4. Мамедов Э.И. Оптическая микроскопия композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов меди / Э.И. Мамедов, А. Сарр, Е.Н. Калмыкова // Перспективные материалы науки, технологий и производства: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Курск. – 2022. – С. 204-206.

5. Сарр А. Синтез композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов меди / А. Сарр, Э.И. Мамедов // Химия и химическая технология в XXI веке: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера. – Томск. – 2022. – С. 456-457.

6. Мамедов Э.И. Синтез и анализ композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов металлов / Э.И. Мамедов, А. Сарр, Е.Н. Калмыкова // Химия и технология растительных веществ: Тезисы докладов XII Всероссийской научной конференции с международным участием и школой молодых ученых. – Киров. – 2022. – С. 121.

7. Mamedov E. Automated Calculation of Physicochemical Properties of Pectin Metal Complexes / E. Mamedov, S. Suslova, E. Kalmykova // Proceedings - 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2023. – P. 649-653. DOI: 10.1109/SUMMA60232.2023.10349515

8. Мамедов Э. Изучение физико-химических свойств композитных материалов на основе пектина и ионов меди и железа / Э. Мамедов, Л. Алёхина, Е. Калмыкова // Международная научно-практическая конференция «Четвертая промышленная революция и инновационные технологии», посвященная 100-летию со дня рождения общенационального лидера Гейдара Алиева». – Гянджа. – 2023. – С. 47-49.

9. Мамедов Э.И. Определение степени включения катионов металлов в пектиновый комплекс / Э.И. Мамедов, Л.Н. Алехина, А.А. Корнева // Тенденции развития современной науки: сборник трудов научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – Липецк. – 2023. – С. 690-692.

10. Мамедов Э.И. Определение степени этерификации и содержания свободных карбоксильных групп тыквенного пектина / Э.И. Мамедов, А.С. Шатских, Л.Н. Алехина // Тенденции развития современной науки: сборник трудов научно-практической конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – Липецк. – 2023. – С. 692-695.

11. Мамедов Э.И. Изучение физико-химических свойств композитных материалов на основе пектина и ионов металлов / Э.И. Мамедов, Л.Н. Алехина // Проспект Свободный – 2023: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск. – 2023. – С. 1500-1503.

12. Mamedov E. Automated Calculation of Degree of Esterification of Pectins / E. Mamedov, S. Suslova, I. Tsyganov, E. Kalmykova // Proceedings - 2024 6th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2024. – P. 489-493. DOI: 10.1109/SUMMA64428.2024.10803781

13. Мамедов Э.И., Исследование физико-химических свойств тыквенного пектина и его комплекса с катионами меди / Э.И. Мамедов, Е.Н. Калмыкова // Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности: сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума, посвящённого 120-летию со дня рождения П.Г. Романкова (ISTS «EESTE-2024»). – Москва. – 2024. – С. 304-307.

14. Мамедов Э.И. Определение свойств нативного пектина и его медного комплекса / Э.И. Мамедов, Е.Н. Калмыкова // XXVII Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием). – Нижний Новгород. – 2024. – С. 658.

15. Мамедов Э. ИК-спектроскопия и оптическая микроскопия композитных материалов на основе цитрусового пектина и ионов меди и железа / Э. Мамедов, А. Сарр, Н. Тарасова, Е. Калмыкова // Международная научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития науки и технологий в период четвертой промышленной революции», посвященная 101-й годовщине со дня рождения общенационального лидера Азербайджана Гейдара Алиева. – Гянджа. – 2024. – С. 149-151.

16. Мамедов Э.И. Антиоксидантная активность различных пектинов / Э.И. Мамедов, О.В. Шартон, Е.Н. Калмыкова // XIII Международная научная конференция: Химия и технология растительных веществ. – Сыктывкар. – 2024. – С. 129.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 1.5.6 Биотехнология (химические науки) по направлениям исследования:

6. Структурно-функциональные и синтетические исследования биологически значимых высокомолекулярных соединений (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и смешанных биополимеров любых типов).

9. Физико-химия биополимеров, их компонентов и комплексов. Биоматериалы с функциональными свойствами для различных применений.

11. Химические, физико-химические, биохимические, энзиматические методы анализа и модификации субстратов, полупродуктов и целевых продуктов биосинтеза, биотрансформации и биодеструкции, ориентированных на практическое применение.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Мамедова Элмаддина Исаевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований решена научная задача по получению и исследованию биологически значимых высокомолекулярных соединений из нетрадиционного растительного сырья, имеющая существенное значение для пищевой, легкой и фармацевтической отраслей промышленности.

Исследования проведены на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Мамедову Элмаддину Исаевичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям пп. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Разработка металлосодержащих композиционных материалов на основе пектинов различной природы» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.5.6 Биотехнология.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», состоявшемся «26» мая 2025 года, протокол № 9. В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой химии, к.х.н., доцент А.В. Бондаренко, к.х.н., доцент И.В. Глазунова, д.х.н., профессор Е.Н. Калмыкова, к.х.н., доцент Е.М. Красникова, к.т.н., доцент Р.И. Хоперский, к.х.н., доцент И.Г. Соболева, к.х.н., доцент А.В. Дудкин, к.х.н., доцент Е.С. Дергунова, к.х.н., доцент О.Ю. Шашканова, к.т.н., доцент С.А. Андриянцева.

Принимало участие в голосовании 10 человек. Результаты голосования: «За» - 10 человек, «Против» - нет, воздержались - нет, протокол от «26» мая 2025 года № 9.

Председатель заседания,
заведующий кафедрой химии
к.х.н., доцент



А.В. Бондаренко

Секретарь заседания
к.х.н., доцент



И.В. Глазунова