

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА

Институт химии им В.И. Никитина

**Научно-исследовательский центр экологии и окружающей
среды Центральной Азии (Душанбе)**

УДК: 547.913(571):678.5

На правах рукописи



АЛИЗОДА ШАХНОЗАБОНУ РАДЖАБЕК

**МИКРО- И НАНОЭМУЛЬСИЯ НА ОСНОВЕ ЭФИРНОГО
МАСЛА ЛАВАНДЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ
БИОПОЛИМЕРАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени доктора философии
(PhD) - доктора по специальности 6D060600 – Химия
(6D060606 – Высокомолекулярные соединения)**

Душанбе – 2025

Работа выполнена в лаборатории «Высокомолекулярные соединения» Института химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана и в лаборатории «Экология и геология» Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе)

Научный руководитель: **Мухиддин Зайниддин Камар** - доктор химических наук, профессор, зав. лабораторией «Высокомолекулярные соединения» Института химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана

Официальные оппоненты: **Джумаев Бахшулло Бокиевич** – доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Таджикистана, главный научный сотрудник Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана

Исаева Асем Бахытжановна – доктор PhD, ТОО «Научно-производственное предприятие «Антиген», г. Алматы, Республика Казахстан

Ведущая организация: Институт физики и химии полимеров Академии Наук Республики Узбекистан

Защита диссертации состоится «29» декабря 2025 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA–080 при Институте химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии им. В.И. Никитина (зал заседаний диссертационного совета). E-mail: shd.6d.koa.080@gmail.com

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института (www.ikai.tj).

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
6D. KOA-080,
кандидат химически наук



С.Р.
Усманова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Эфирные масла, экстрагируемые из лекарственных растений, являются богатым источником многих биологически активных соединений. Эфирное масло лаванды, известное своими антиоксидантными, антисептическими и успокаивающими свойствами, является одним из наиболее востребованных компонентов для создания лекарственных препаратов, косметики и пищевых продуктов. Однако из-за летучести и нестабильности химического состава эфирные масла подвержены быстрой деградации под воздействием внешних факторов. Это ограничивает их применение и снижает эффективность.

Формирование микро- и наноэмульсий, стабилизированных биополимерами, представляет собой инновационное решение, позволяющее не только сохранить биологическую активность масла, но и улучшить его растворимость, биодоступность и устойчивость к внешним воздействиям. Применение биополимеров, таких как пектин и лактоглобулин молочной сыворотки, гарантирует безопасное и экологическое использование этих систем в производстве продуктов для здоровья.

Кроме того, учитывая рост популярности натуральных компонентов в глобальных индустриях, использование эфирного масла лаванды в стабильных эмульсионных формах отвечает требованиям устойчивого развития. Это, особенно, важно для пищевой промышленности, где натуральные добавки становятся основой функциональных продуктов. Исследование влияния различных факторов, таких как pH, концентрация биополимеров и ультразвуковая обработка, на характеристики микро- и наноэмульсий способствует созданию технологически оптимизированных решений.

Следовательно, актуальность настоящей работы обусловлена потребностью в разработке новых подходов к стабилизации эфирных масел, которые позволят обеспечить высокую эффективность и расширят спектр возможностей их применения. Задача формирования устойчивых микро- и наноэмульсий эфирного масла (ЭМ) лаванды с использованием биополимеров имеет

научную и прикладную ценность. Это открывает перспективы применения в разных отраслях промышленности.

Степень изученности научной темы. В последние годы значительное внимание уделяется разработке технологий, обеспечивающих стабильность эфирных масел в различных условиях. Для стабилизации ЭМ используют следующие методы инкапсуляции: эмульгирование, липосомы, распылительная сушка, комплексообразование включений, сложная коацервация, электропрядение. Предложенный, автором, подход к стабилизации ЭМ посредством инкапсулирования в микро- и нанокapsулы с применением технологии двухслойного капсулирования с использованием активного вещества биополимерами является новым и представлен в качестве оригинальной разработки в данной работе.

Связь исследования с программами и научной тематикой. Тема диссертации была разработана в рамках актуальных научных направлений, обозначенных в стратегии научного и технологического развития Республики Таджикистан на 2021–2025 годы, а также согласуется с целевыми ориентирами исследований, намеченных на период до 2030 года. Проведённая работа направлена на решение задач, имеющих стратегическое значение для страны: создание функциональных продуктов питания и разработка новых лекарственных средств, что оказывает положительное влияние на экономический рост.

Исследования выполнялись в процессе реализации НИР ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана» на тему: «Создание носителей лекарственных веществ и пищевых ингредиентов на основе биополимеров» (номер гос. регистрации ГР 0116TJ 00543).

Общая характеристика работы

Целью исследования: разработка микро- и наноэмульсий эфирного масла лаванды, стабилизированных биополимерами и изучение их антиоксидантных и бактерицидных свойств, для эффективного применения.

Задачи исследования:

- выделение ЭМ из двух разновидностей лаванды различными методами;

- изучение химического состава и физико-химических свойств ЭМ лаванды;
- разработка метода формирования микро- и наноэмульсий на основе ЭМ лаванды и их стабилизация биополимерами;
- изучение влияния вида пектина, рН, амплитуды ультразвука и соотношения биополимеров на размер микро- и наночастиц;
- изучение биологических свойств ЭМ лаванды и эмульсионных микрокапсул на их основе: антиоксидантные и бактерицидные свойства.

Объектами исследования являются стебли с цветками лаванды узколистой, выращенные на двух различных опытных участках – в Институте ботаники, физиологии и генетики растений (ИБФГР) Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ) и Институте зоологии и паразитологии (ИЗП) им. Е.Н. Павловского НАНТ, эфирные масла лаванды, полученные различными методами, яблочный пектин, концентрат лактоглобулина молочной сыворотки, эмульсионные микро- и нанокапсулы, а также необходимые реагенты и вспомогательные вещества, применяемые в ходе проведения экспериментов.

Предмет исследования. Выделение, изучение химического состава, физико-химических свойств ЭМ лаванды, разработка методики его инкапсулирования путем стабилизации биополимерами и изучение их антиоксидантных и бактерицидных свойств для эффективного применения.

Научная новизна исследования:

- изучены и найдены оптимальные условия выделения ЭМ лаванды методом гидродистилляции;
- впервые проведён анализ химического состава ЭМ лаванды, собранной с двух различных опытных участков — ИБФРГ НАН Таджикистана и ИЗП им. Е.Н. Павловского НАН Таджикистана;
- разработан метод формирования наноэмульсий ЭМ лаванды, стабилизированных двухстадийным покрытием из лактоглобулина и пектина, с минимальными размерами частиц, высокой степенью устойчивости, и с применением ультразвука;

- определен размер полученных микрочастиц и рассчитан средний диаметр полученных эмульсионных частиц как средневзвешенный по объёму средний диаметр - $d_{4,3}$;
- оптимизированы условия целенаправленного управления размерами микрочастиц путем изменения pH и соотношения биополимеров;
- показано, что полученные микрочастицы с инкапсулированным ЭМ лаванды обладают антиоксидантными и бактерицидными свойствами.

Теоритическая и практическая значимость исследования:

Разработанные методики формирования микро- и наноэмульсий ЭМ лаванды, стабилизированных двухслойным покрытием из комплекса лактоглобулина и пектина, представляют собой значимый вклад в область создания инновационных продуктов, востребованных в фармацевтической промышленности. Внедрение данных технологий способствует повышению биодоступности активных компонентов и увеличению стабильности эмульсионных систем.

Одним из ключевых аспектов проведённого исследования является разработка эффективных подходов к стабилизации эфирных масел, что позволяет значительно расширить спектр их применения. Полученные результаты способствуют совершенствованию технологических процессов, направленных на повышение эффективности и долговечности эмульсионных систем, что открывает новые перспективы для разработки инновационных материалов и продуктов с улучшенными характеристиками.

Основные положения, выносимые на защиту:

Автор выносить на защиту результаты экспериментальных исследований, их обработке и интерпретации полученных данных, которые изложена в следующем порядке:

- Получение ЭМ лаванды собранной с двух различных опытных участков, методом гидродистилляции: изучение физико-химических параметров полученных масел такие как плотность ЭМ и показатель преломления; анализ химического состава ЭМ лаванды методом ГХ-МС и ИК-спектроскопией, которые позволили автору определить наличие терпенов, линалоола,

линалиацетата и других ключевых компонентов, входящих в состав ЭМ лаванды. Отличие химического состава ЭМ, выращенных на разных участках.

- Метод формирования микрочастиц на основе ЭМ лаванды, стабилизированных биополимерами, а также метод оценки их размера: получения микро- и нанокапсул ЭМ лаванды, стабилизированными комплексом лактоглобулина и пектина (LgsC/P), и изучение влияния соотношения биополимеров на размер частиц; получение эмульсионных частиц со минимальным средним диаметром $d_{4,3}$ в пределах 1.20 - 5.80 мкм.
- Антиоксидантные и бактерицидные свойства ЭМ лаванды и полученных микрочастиц на их основе: ЭМ, полученное из участка ИБФГР НАНТ, проявляет максимальные антиоксидантные свойства при разведении в 1:10 раз, антиоксидантная активность эмульсий на основе эфирного масла лаванды с разбавлением, при 1:200, достигается 14.41 %; установлено, что микро- и нанокапсулированные ЭМ лаванды, независимо от дозы, обладают выраженными бактерицидными свойствами ($P < 0,05$) против *Streptococcus spp.*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella* и *E.coli*.

Степень достоверности результатов подтверждается применением современного аналитического оборудования (электронный микроскоп OLYMPUS BX53, (Япония); гомогенизатор IKA T-25 (ULTRA TURRAX, IKA-WERKE GMBH & CO.KG, (Германия); ГХ-МС Agilent 7890B-5977A (США); ИК-спектрофотометр с Фурье-преобразованием Spectrum 65, Perkin Elmer (Швейцария), оснащённого специализированным программным обеспечением, а также использованием методов статистической обработки экспериментальных данных. Достоверность сделанных выводов подтверждается как согласованностью данных, полученных с использованием различных методик, так и их соответствием основным принципам физико-химических закономерностей и данным литературы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Основные результаты диссертационного исследования соответствуют требованиям паспорта специальности 6D060600 – Химия (6D060606 – Высокомолекулярные соединения) и

охватывают положения пунктов 5, 7 и 9: (5. Исследование молекулярной и надмолекулярной структуры биополимеров; 7.

Физические состояния и фазовые переходы в высокомолекулярных соединениях. Реология полимеров и композитов; и 9. Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники).

Личный вклад соискателя учёной степени состоит в планировании и реализации экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных данных, а также подготовке научных публикаций и написании диссертационной работы в соавторстве с научным руководителем.

Апробация и применение результатов диссертации. Ключевые положения диссертационной работы были представлены и доложены в рамках международных научных конференций: ACS Fall 2023, August 13-17, 2023, in San Francisco, CA., USA. «Farmatsevtik texnologiyaning zamonaviy yutuqlari va istiqbollari», Tashkent, Uzbekistan, February 22, 2024; XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, 17-18 декабря 2020. – Российская Федерация, Саратов, Материалы международной конференции «Актуальные вопросы биологической безопасности в современных условиях», Душанбе, 22-23 сентября 2021 Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения». Душанбе, 2023 Материалы V Международной научно-практической конференции Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий. – Кемерово. – 2025. – С. 22-26.

Материалы научно-практической конференции (69-й годичной) с международным участием «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», Душанбе 2021, Том 2, стр. 679.

Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2023», 21-23 марта 2023. – Минск, Республика Беларусь; III междн. Конференции «Развитие химической науки и

области их применения» посвящ. 80-летию член-корр. НАНТ, профессора Кимсанова Б.Х., 10-ноября 2021. – Душанбе; Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумановские чтения «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября 2021 г.; «Вклад женщин в развитие науки», 21 февраля 2024. – Душанбе, Таджикистан.

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 7 статей в рецензируемых научных журналах, включая 1 статью в издании, входящем в международную базу данных *Web of Science*, 5 статей — в журналах, входящих в Перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации, а также 1 статью в журнале открытого доступа *Zenodo* (Европейский союз). Основные результаты исследования прошли широкую апробацию и отражены в 13 тезисах докладов на международных научных конференциях и в 7 тезисах докладов, опубликованных в материалах республиканских конференций.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа представлена в виде рукописи объемом 164 страниц и включает: введение, три основные главы, содержащие обзор литературы, описание методик и хода экспериментов, анализ и интерпретацию полученных данных, а также выводы и рекомендации (общим объемом 141 страницы). Текст иллюстрирован 29 рисунками и 44 таблицами. Библиографический список включает 145 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, научно-практическая ценность, положения, выносимые на защиту и др.

В первой главе представлен анализ литературных данных по эфирным маслам, их разновидностям и физико-химическим свойствам, с акцентом на химический состав и биологические характеристики эфирного масла лаванды. Рассмотрены современные подходы к получению и стабилизации микро- и наноземulsion. Приведены сведения об антиоксидантных свойствах ЭМ лаванды и микрокапсул на его основе, а также о возможностях применения её масел и композиционных материалов на их основе, в том числе в пищевой

промышленности. На основе анализа обзора литературы сформулированы цель и основные задачи диссертации.

Во второй главе приведены характеристики исходных веществ; количественные методы анализа пектина; выделение эфирного масла лаванды; физико-химические параметры эфирного масла; ГХ-МС; ИК-Фурье спектроскопия; метод инкапсулирования эфирного масла в системе «масло в воде» (м/в), стабилизированные комплексом белка и пектина.

В третьей главе представлены данные по выделению и физико-химическим параметрам ЭМ лаванды. Изучен химический состав ЭМ лаванды методом ГХ-МС и ИК-спектроскопией. Получены микро- и наноэмульсии на основе ЭМЛ, изучены антимикробная и антиоксидантная активность ЭМ лаванды и эмульсий.

В разделе 3.2 приведены физико-химические параметры эфирного масла лаванды, такие как плотность ЭМ, показатель преломления, дзета-потенциал и вязкость в зависимости от амплитуды ультразвука.

Плотность эфирных масел зависит от периода заготовки сырья, метода экстракции и условий хранения. Установлено, что масло лаванды, полученное из участка ИЗП НАНТ, обладает более высокой плотностью (0.879 г/мл) и показателем преломления (1.464), чем масло с участка ИБФГР НАНТ (0.873 г/мл и 1.459 соответственно).

Показано, что увеличение амплитуды способствует уменьшению среднего диаметра частиц (до 2.07 мкм) и росту отрицательного заряда на их поверхности (до -29.6 мВ), что повышает устойчивость дисперсий. Оптимальные условия обработки обеспечивают формирование частиц с высокой удельной поверхностью и стабильностью.

В разделе 3.3 охарактеризованы ИК-спектры ЭМ лаванды. Спектр демонстрирует характерные полосы поглощения, позволяющие определить наличие терпенов, линалоола, линалилацетата и других ключевых компонентов, входящих в состав натурального лавандового масла.

ИК-спектр ЭМ лаванды показывает (рисунок 1) наличие широкого пика при 3428 см^{-1} , соответствующего О-Н колебаниям спиртов или фенолов, а также полос при 2968.2 , 2929 и 2881.7 см^{-1} ,

указывающих на алифатические С–Н связи в $-\text{CH}_3$ и $-\text{CH}_2-$ группах, характерных для терпенов. Пик при 1738 см^{-1} свидетельствует о присутствии карбонильной группы $\text{C}=\text{O}$, типичной для сложных эфиров, а полоса при 1643.6 см^{-1} указывает на наличие двойных связей $\text{C}=\text{C}$. В области $1451\text{--}1411.6\text{ см}^{-1}$ фиксируются деформационные колебания метильных и метиленовых групп, а многочисленные интенсивные пики в диапазоне $1238.7\text{--}1018.6\text{ см}^{-1}$ соответствуют колебаниям $\text{C}-\text{O}$ и $\text{C}-\text{C}$, подтверждая наличие спиртов и эфиров. Полосы при 833.87 , 735.6 и 688.4 см^{-1} указывают на наличие алифатических и ароматических фрагментов, а также деформационные колебания $=\text{C}-\text{H}$ групп, типичные для терпенов и их производных.

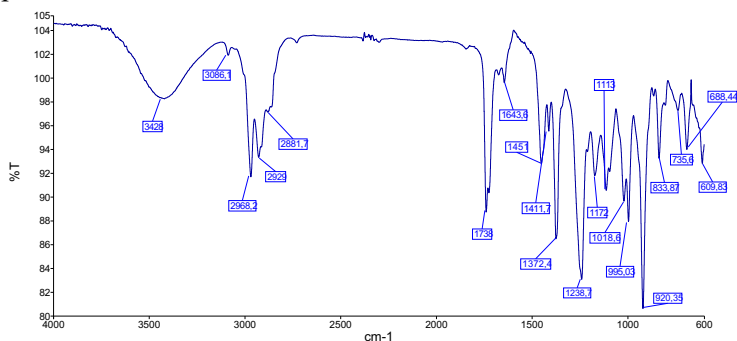


Рисунок 1. – ИК-спектр ЭМ лаванды, произрастающая на участке ИБФГР НАНТ

ИК-спектр ЭМ лаванды (рисунок 2) демонстрирует характерные полосы поглощения, указывающие на наличие алифатических углеводородов (пики при 2922 и 2852 см^{-1} , соответствующие колебаниям $-\text{CH}_2-$ и $-\text{CH}_3$), сложных эфиров. (полоса при 1747.8 см^{-1} – валентные колебания $\text{C}=\text{O}$), а также ненасыщенных соединений (пик при 1645.6 см^{-1} $-\text{C}=\text{C}$). В диапазоне $1450\text{--}1410\text{ см}^{-1}$ наблюдаются деформационные колебания метиленовых и метильных групп. Многочисленные интенсивные пики в области $1250\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ (в том числе 1235.7 , 1168 , 1119 и 1022.5 см^{-1}) отражают присутствие спиртов, фенолов и сложных эфиров за счёт колебаний $\text{C}-\text{O}$ связей. В области ниже 950 см^{-1} регистрируются

колебания винильных и аллильных групп ($=C-H$), характерные для терпенов. Таким образом, спектр подтверждает наличие в эфирном масле типичных компонентов: терпенов, терпенолов, эфиров и спиртов.

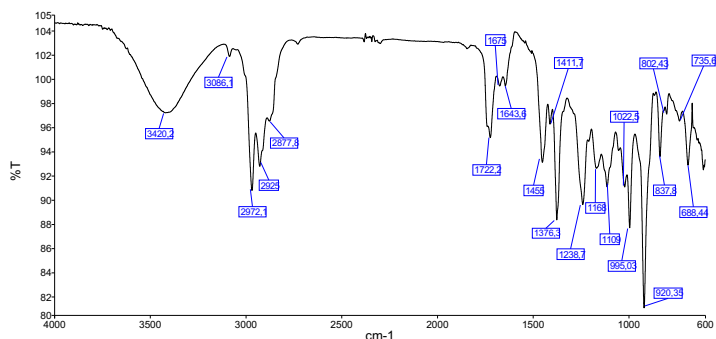


Рисунок 2. – ИК-спектр ЭМ лаванды, произрастающая на участке ИЗП НАНТ

В разделе 3.4. приведен анализ химического состава ЭМ лаванды методом ГХ-МС. Эфирное масло лаванды, полученное из участка ИБФГР НАНТ, содержит 64 компонента. Основными составляющими эфирного масла лаванды, согласно результатам анализа, являются линалол и линалилацетат, содержание которых составило 33.27 % и 21.01 % соответственно. В совокупности эти два компонента составляют 54.28 % от общего состава масла.

Сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла лаванды представлен в таблице 1.

Химический состав ЭМ лаванды, полученного из участка ИЗП НАНТ, содержит 139 компонентов. Оно характеризуется преобладанием линалоола и линалилацетата, содержание которых составило 22.58 % и 10.37 % соответственно, что в сумме составляет 32.95 % от общего количества компонентов. Среди других значимых соединений были идентифицированы L- α -терпинеол (6.42 %), 1,2-оксалиналол (5.34 %), терпинен-4-ол (3.88 %), эвкалиптол (2.63 %), борнеол (2.17 %), лавандулол (1.51 %), мерицин (1.32 %) и ряд других соединений.

Таблица 1. - Сравнительный анализ химического состава эфирного масла лаванды

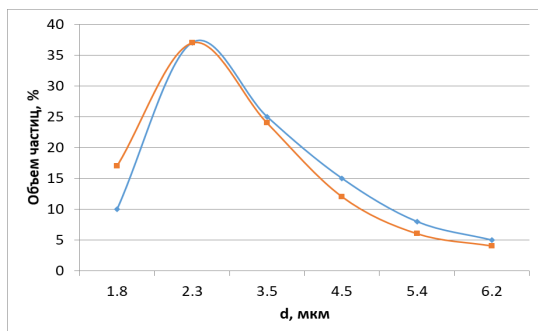
№	Компонент	Участок 1 (ИБФГР НАНТ)	Участок 2 (ИЗП НАНТ)
1	Линалоол	33.27	22.58
2	Линалилацетат	21.01	10.37
3	Терпен-4-ол	6.89	3.88
4	L- α -терпинеол	6.62	6.42
5	1,2-оксолиналоол	1.41	9.37
6	Эвкалиптол	1.88	2.63
7	Криофиллен	1.81	1.40
8	Криофилленоксид	0.62	3.54
9	γ -кандиол	0.62	1.04

Как видно из полученных результатов, ЭМ участка 1 богаче по содержанию линалоола и линалилацетата, что делает его более характерным для классического *Lavandula angustifolia*.

Образец с участка 2 демонстрирует более сложный и разнообразный профиль, включая высокое содержание оксисовалола, кариофилленоксида и нерола ацетата, обладающих антибактериальной и цитотоксической активностью. Это указывает на возможное фармакологическое преимущество образца с участка 2 в разработке препаратов с противомикробной активностью.

Таким образом, полученные результаты показывают, что ЭМ лаванды, выращенной в Таджикистане, отличается высоким содержанием линалилацетата, что указывает на благоприятные климатические условия региона для культивации этой культуры. Чистый горный воздух, солнечное излучение и минеральные почвы способствуют накоплению ценных веществ.

В разделе 3.5 приведен процесс формирования микро- и нанокapsул ЭМ лаванды, стабилизированными комплексом лактоглобулина и пектина (LgsC/P), а **в разделе 3.5.2.** изучено влияние соотношения биополимеров на размер частиц. Были получены 3 эмульсии с соотношениями LgsC/P (5:1) (3:1) и (2:1).



Для оценки размера частиц были изучены 43 частицы для соотношения (5:1) и 47 частиц для соотношения (3:1).

Средневзвешенный по объему средний диаметр эмульсионных частиц $d_{4,3}$ равен 4.37 и 5.03

мкм соответственно. При соотношении диапазон размеров частиц от 1.2 мкм (наименьшее зарегистрированное значение) до 5.8 мкм (наибольшее). В случае системы с соотношением 3:1 минимальный диаметр составлял 1.7 мкм, тогда как максимальный достигал 6.2 мкм.

На рисунке 3 приведены кривые распределения размеров нано- и макрочастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ лаванды узколистной при pH (LgsC/P)=3.6.

Рисунок 3. - Кривые распределения размеров микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ лаванды узколистной при pH (LgsC)=3.6: LgsC/P 3:1 (синяя линия); LgsC/P 5:1 (красная линия).

В условиях pH среды, равного 3.6, раствор β -лактоглобулина (LgsC) обладает положительным суммарным зарядом на поверхности белковых молекул. Согласно данным, представленным на рисунке 3, при соотношениях LgsC/P 3:1 и 5:1 наблюдается максимум распределения нано- и микрочастиц в области минимального размера с пиком на 2.4 мкм. Доля таких частиц составляет 37 % от общего количества в системе в обоих случаях. Размеры полученных эмульсий находились в пределах от 2 мкм до 6 мкм.

Раздел 3.5.3 посвящен влиянию pH раствора лактоглобулина на стабильность и размер частиц микрокапсул. Для изучения влияния pH раствора лактоглобулина на стабильность и размер частиц микрокапсул были получены несколько серий образцов с различным значением pH LgsC. В таблице 2 приведены соотношения

водного раствора концентрата лактоглобулина молочной сыворотки к пектину LgsC/P, pH LgsC, pH и размеры частиц полученных эмульсий.

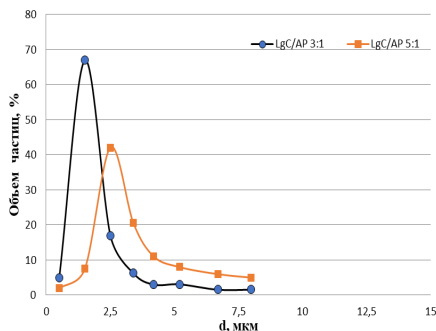
Согласно приведённым в таблице 2 данным, в условиях, когда первичная эмульсия обладает отрицательным поверхностным зарядом (при pH = 6.80), добавление пектина для формирования вторичной оболочки приводит к снижению кислотности среды. При этом, по мере увеличения соотношения биополимеров LgsC/P, то есть при возрастании доли протеина, pH эмульсии снижается до 5.51 при соотношении 3:1 и до 5.47 при соотношении 5:1. Одновременно с этим средневзвешенный по объему средний диаметр частиц ($d_{4,3}$) эмульсии снижался до 4.56 мкм при соотношении LgsC/P, равном 3:1, после чего наблюдалось увеличение среднего размера частиц, достигающего 4.67 мкм при соотношении 5:1.

Таблица 2. - Соотношение биополимеров, pH исходного раствора LgsC, pH и размеры частиц полученных эмульсий.

LgsC/P	pH LgsC	LgsC/P моль/моль	pH эмульсии	$d_{4,3}$ мкм	V, мл (ЭМЛ)
3:1	6.80	36.12	5.51	4.56	1
5:1	6.80	57.83	5.47	4.66	1
2:1	4.95	23.07	4.07	6.17	1
3:1	4.95	36.15	4.46	3.17	1
10:1	4.95	115.8	4.59	5.75	1

С целью более точного отслеживания механизма образования эмульсионных структур была проведена оценка профилей распределения частиц в микро- и наноразмере, т.е. зависимость размера частиц от их количества в измеренном объёме. Результаты получены с помощью микроскопа с использованием программ OLYMPUS CellSens Standard и MS Excel.

На рисунке 4 иллюстрированы кривые распределения нано- и макрочастиц ЭМ лаванды, стабилизированных лактоглобулином LgsC и яблочным пектином, с различными соотношениями LgsC/P в зависимости от pH на поверхности первичной эмульсии. В первом случае, когда у LgsC в растворе отрицательный заряд (pH=6.8), они с



пектином формируют комплексы за счёт электростатического взаимодействия.

Рисунок 4. - Кривые распределения микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ лаванды

узколистной при pH (LgsC)=6.8: LgsC/P 3:1 (синяя линия); LgsC/P 5:1 (красная линия).

Как видно из профиля кривых распределения частиц (рисунок 4), при соотношении LgsC/P 3:1 формируется максимальное количество макро- и наночастиц, составляющее более 67% от всего объёма частиц, с максимумом частиц размером 1.5 мкм. В то время, как доля протеина в системе увеличивается, пик максимума смещается в область более крупных частиц 2.5 мкм с общей популяцией частиц 42% для соотношения LgsC/P 5:1.

Во втором случае, при частично отрицательном заряде поверхности частиц первичной эмульсии (при pH=4,95), с увеличением содержания белка в системе наблюдалась аналогичная тенденция, однако размеры образующихся микрочастиц были несколько больше. Как видно, изменение pH на поверхности белковой первичной эмульсии от 6.80 до 4.95 не повлияло на размеры частиц эмульсии, что говорит об ином механизме стабилизации эмульсии на поверхности вторичной эмульсии, кроме электростатического.

Согласно данным, представленным на рисунке 5, основная доля эмульсионных частиц при соотношении биополимеров LgsC/P = 2:1 сконцентрирована в максимуме – 1.5 мкм, составляя 32% от общего числа. В случае соотношения 3:1 наибольшее количество частиц наблюдается при размере 2.5 мкм (21%), тогда как при LgsC/P = 10:1 максимум распределения приходится на 3.5 мкм с долей 22.5%.

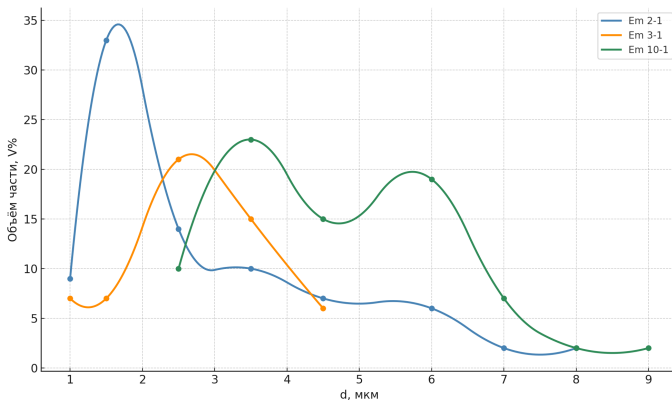


Рисунок 5. - Кривые распределения микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ лаванды узколистной при pH (LgsC)=4.95: LgsC/P 2:1 (синяя линия); LgsC/P 3:1 (желтая линия) и 10:1 (зелёная линия).

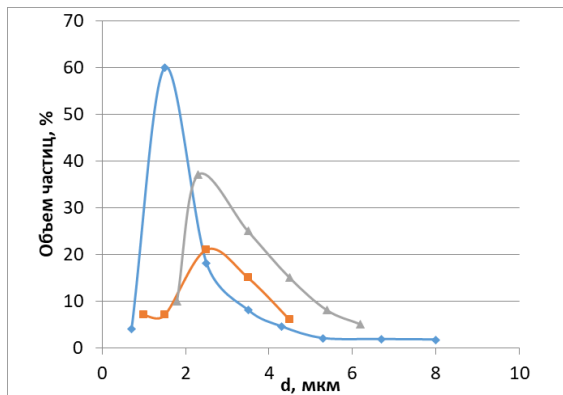
Это исследование показало, что изменение pH первичной эмульсии от 6.8 до 4.95 незначительно влияет на формирование комплекса LgsC с высокометилированным яблочным пектином, оптимальное значение pH для данной системы находится между этими значениями. В то же время при подборе соотношений биополимеров оптимальным является соотношение LgsC/P, равное 3:1.

В третьем случае на поверхности эмульсии при положительном заряде (pH=3.6) формируются микрочастицы с минимальным размером частиц 2 мкм для LgsC/P 3:1 и LgsC/P 5:1. Для LgsC/P 5:1 значение среднего размера частиц ($d_{4,3}$) равно 5.03 мкм, а для LgsC/P 3:1 значение средневзвешенного по объему среднего диаметра частиц ($d_{4,3}$) равен 4.37. В обоих случаях распределение частиц мономодальное.

На рисунке 6 представлены кривые распределения микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ лаванды с соотношением LgsC/P, равным (3:1) и различным pH. Снижение pH среды приводит к увеличению среднего размера частиц и расширению диапазона их распределения

(рисунок 6). При pH, равном 6.8, система характеризуется узким распределением с доминированием мелких частиц, что указывает на высокую степень дисперсности и устойчивость эмульсии.

Рисунок 6. - Кривые распределения микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей ЭМ



лаванды узколистной при соотношении LgsC/P (3:1) и различной pH: 6.8 (синяя линия); 4.95 (красная линия) и 3.6 (зелёная линия).

По мере подкисления среды распределение смещается в сторону более крупных частиц и становится менее однородным, что свидетельствует о снижении стабильности и возможной агрегации частиц.

Для визуализации зависимости среднего диаметра частиц β -лактоглобулина от уровня кислотности среды (pH) на рисунке 7 представлена соответствующая гистограмма. Обработка экспериментальных данных выявила наличие ярко выраженного минимума среднего диаметра частиц при pH 4.95, где он достигает наименьшего значения - 3.17 мкм. При смещении значения pH в сторону щелочной (до 6.80) или более кислой среды (до 4.00) наблюдается увеличение среднего размера частиц до 4.56 мкм и 5.03 мкм соответственно, что указывает на чувствительность системы к изменениям кислотности среды.

Таким образом, полученные предварительные характеристики микрокапсулы достоверно отражают особенности исследуемой системы и представляют практическую ценность. Анализ распределения размеров частиц показал, что в условиях проведённого эксперимента удалось сформировать эмульсионные композиции, включающие как микрокапсулы, так и нанокapsулы с

пониженным значением $d_{4,3}$, содержащие биологически активное соединение — эфирное масло.

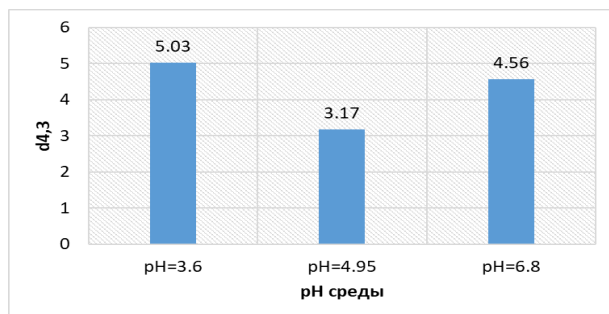


Рисунок 7. - Средневзвешенный по объему средний диаметр ($d_{4,3}$) микрокапсул при соотношении 3:1 в зависимости от pH

Раздел 3.5.4 посвящен влиянию амплитуды ультразвука на стабильность и размер микрочастиц. Эмульсии получали с использованием водного экстракта лаванды.

На рисунке 8 представлены кривые распределения микрочастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей эфирное масло лаванды узколистной, под действием ультразвука различной амплитуды: 30%, 50% и 70%. Размеры частиц полученных эмульсий находились в пределах от 450 нм до 10.5 мкм.

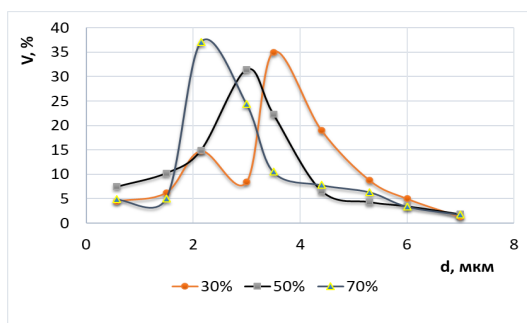
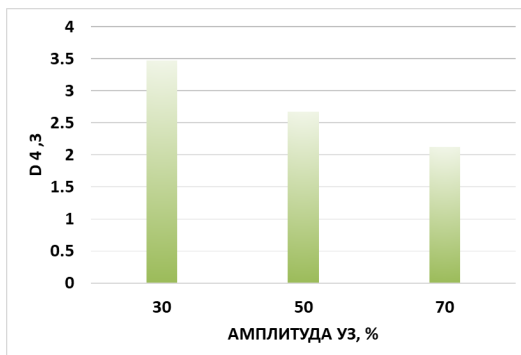


Рисунок 8. - Кривые распределения размеров микро- и наночастиц в эмульсионной системе лактоглобулин и яблочный пектин, содержащей эфирное масло лаванды, под действием ультразвука различной амплитуды:

30% (красная линия), 50% (черная линия) и 70% (синяя линия).

На рисунке 9 представлен средневзвешенный по объему средний диаметр ($d_{4,3}$) микрокапсул от приложенной амплитуды ультразвука: 30%, 50% и 70%.

Рисунок 9. - Средневзвешенный по объему средний диаметр ($d_{4,3}$) микрокапсул от приложенной амплитуды ультразвука: 30%, 50% и 70%.



Как видно из рисунка 9, с возрастанием силы

ультразвука размеры эмульсионных частиц плавно уменьшаются. Минимальное значение $d_{4,3}$ достигается при 70%-й амплитуде ультразвукового воздействия на эмульсионные микрочастицы. Дальнейшее увеличение амплитуды ультразвука нецелесообразно с точки зрения расхода энергии.

Таким образом, с использованием компьютерных программ OLYMPUS CellSens Standard и MS Excel было вычислено значение $d_{4,3}$. Этот параметр более адекватно характеризует массу системы и представляет непосредственный интерес, например, для технологов химического производства и фармацевтов. Применение метода ультразвука позволяет стабилизировать частицы, получая частицы наименьшего диаметра и мономодальное распределение. Минимальное значение $d_{4,3}$ достигается при 70% амплитуде ультразвукового воздействия на эмульсионные макрочастицы.

Раздел 3.6 отражает антиоксидантные свойства ЭМ лаванды. Масло, полученное из участка ИБФГР НАНТ, проявляет максимальные антиоксидантные свойства при разведении в 1:10 раз. При дальнейшем разбавлении до 1:100 антиоксидантная активность масла снижается. Для другого образца – ИЗП НАНТ, антиоксидантная активность максимальна при разбавлении 1:50 и равна 46.64. При дальнейшем разбавлении антиоксидантная активность масла уменьшается.

Была изучена антиоксидантная активность эмульсий на основе эфирного масла лаванды (соотношение LgsC/P(LO) 5:1) при двух

вариантах ультразвуковой обработки: до добавления пектина и после неё (таблица 3).

Таблица 3. - Результаты антиоксидантной активности микро- и нанокапсул LgsC/P(LO) 5:1 до и после ультразвуковой обработки.

Образец	Разбавление	Abs образца (517 nm)	Abs контроль (517 nm)	ПСР, %
LgsC/P(LO) 5:1 УЗ до	1:10	0.3353	0.14675	-
	1:50	0.1646	0.14675	-
	1:100	0.1326	0.14675	9.64
	1:200	0.1256	0.14675	14.41
LgsC/P(LO) 5:1 УЗ после	1:10	0.2113	0.14675	-
	1:50	0.1266	0.14675	13.73
	1:100	0.1153	0.14675	21.43
	1:200	0.139	0.14675	5.28

В первом варианте наблюдалось постепенное увеличение АПСР с разбавлением, достигая 14.41 % при 1:200. Во втором — резкий рост активности при 1:100 (21.43 %), что примерно на 50 % выше максимума до обработки. Повышение связано с более равномерным распределением биоактивных компонентов, уменьшением размеров частиц и увеличением площади межфазного контакта, что усиливает взаимодействие с DPPH.

Таким образом, ультразвуковая обработка способствует увеличению антиоксидантной активности эмульсии, особенно при оптимальном разведении, подтверждая её потенциал в качестве функционального пищевого компонента с антиоксидантными свойствами.

Раздел 3.7 посвящен бактерицидной активности ЭМ лаванды и эмульсионных микро- и наноэмульсий. Оценку бактерицидной активности проводили методом измерения диаметра зоны подавления роста микроорганизмов (в мм) после внесения исследуемого препарата в питательную среду, засеянную соответствующими штаммами. Наличие микробного роста в непосредственной близости от зоны нанесения препарата свидетельствовало о резистентности микроорганизма к его действию (таблица 4).

Таблица 4. - Изучение бактерицидных свойств эмульсионных микрокапсул ЭМ лаванды на микробные штаммы и дрожжевые грибы.

Наименование препаратов	Зона задержки роста микробов в мм.				
	Staph. epiderm	Staph.aureus	E.coli	Klebsiella	Дрожжевые грибы
LgsC/P (LO)	11	7	10	13	16
ЭМЛ-Н ₂ O	6	0	2	7	5

Как видно из представленных данных таблицы, ЭМ лаванды узколистной в чистом виде слабо или вообще не оказывает бактерицидных свойств на изученных представителей микроорганизмов: *Staph. Aureus* и слабо действует на *Klebsiella*, *Staph. Epidermidis* и штаммы дрожжевых грибов. Однако капсулированное ЭМ в виде микро- и наноэмульсий оказалось чувствительным ко всем видам изученных бактерий. Согласно данным таблицы 4, эмульсия LgsC/P(LO) при разбавлении (1:50) оказывает бактерицидные свойства на микроорганизмы: *Klebsiella*, *Staph. Epidermidis*. Штаммы дрожжевых грибов также оказались чувствительными к эмульсионным микрокапсулам ЭМ.

Для последующего исследования антимикробных свойств были выделены образцы с наибольшим содержанием эфирного масла лаванды – 3 и 4 мл ЭМ лаванды, исследуя кремовую (микрочастицы) и нижнюю (наночастицы) фракции. Антимикробная активность при разбавлениях 1:50 и 1:100 представлена в таблице 5. На основе бактериологических исследований установлено, что микро- и нанокапсулированные ЭМ лаванды, независимо от дозы, обладают выраженными бактерицидными свойствами ($P<0,05$) против *Streptococcus spp.*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella* и *E.coli*. Изоляты *E.coli* были чувствительны к микрокапсулам (3:1)3 при разбавлениях 1:50 и 1:100. Проба (3:1)3-микро (1:50) существенно подавляла *Klebsiella*, *Pseudomonas aeruginosa* и дрожжевые грибы, тогда как нанокапсулы действовали слабее ($P<0,1$). Образцы нанокапсул (3:1)3-нано с разбавлением 1:50, 1:100 и микрокапсул (3:1)4-микро при 1:50 проявляли активность против *Staph. epidermidis* и *Staph. aureus*. Для образца (3:1)3-микро при разбавлении от 1:50 до 1:100 активность возрастала в отношении *Staph. aureus*, *E.coli* и *Proteus vulgaris*.

Таблица 5. - Изучение бактерицидных свойств эмульсионных микро- и нанокапсул лаванды на микробные штаммы и дрожжевые грибы.

Вид микробов	Зона задержки роста микробов в мм.							
	(3:1)3-микро [1:50]	(3:1)3- микро [1:100]	(3:1)3-нано [1:50]	(3:1)3-нано [1:100]	(3:1)4- микро [1:50]	(3:1)4- микро [1:100]	(3:1)4-нано [1:50]	(3:1)4-нано [1:100]
Staph.epiderm id.	7	0	14	13	10	9	8	0
Staph.aureus	9	12	13	10	15	10	10	0
Streptococcus SPP	30	22	27	19	25	26	27	22
E.coli	28	30	11	7	20	30	18	10
Klebsiella	20	17	10	0	18	0	17	10
Proteus vulgaris	19	20	16	17	24	18	17	17
Pseudomon. Aeruginosae	20	11	12	0	0	5	0	0
Дрожжевые грибы	28	26	0	0	0	0	15	0

ВЫВОДЫ

1. Настоящее исследование показало, отличительный выход ЭМ лаванды, произрастающей при разных условиях: 1.25% для лаванды, выращенной на участке ИБФГР, и 0.8% для лаванды, произрастающей на участке ИЗП НАНТ [6-А, 7-А, 24-А].
2. Полученные образцы ЭМ лаванды продемонстрировали различия в плотности и коэффициенте преломления света. Полученные данные имеют справочное значение и могут быть использованы при подготовке фармакопейных статей, а также для последующего применения масел в медицинской практике [4-А, 16-А, 25-А].

3. По результатам ИК-спектроскопии оба исследованных образца отнесены к категории натуральных эфирных масел, с типичным для лаванды химическим профилем, включающим широкий спектр терпенов и сложных эфиров. Это подтверждает возможность их применения для оценки качества.
4. Анализ химического состава эфирных масел лаванды, произрастающей на разных участках, выявил существенные различия в компонентном составе. В образце с участка ИБФГР НАНТ идентифицировано 64 компонента, основными из которых являются линалоол (33.27%) и линалилацетат (21.01%). В образце с участка ИПЗ НАНТ выявлено 139 компонентов, среди которых преобладают линалоол (22.58%), линалилацетат (10.37%), а также значительные количества терпенеола (6.42%), 1,2-оксалиналола (5.34%), эвкалиптола (2.63%) и барнеола (2.17%) [2-А, 8-А, 11-А].
5. Разработан способ получения эмульсионных микро- и нанокapsул для сохранения свойств ЭМ лаванды. Показано, что эмульсии ЭМ лаванды, стабилизированные двухслойным комплексом лактоглобулина и яблочного пектина, сохраняют стабильность в течение 14 дней при температуре хранения 10–20°C [15-А].
6. Установлено, что размер и стабильность частиц эмульсии зависят от pH среды и соотношения компонентов LgsC/P. Оптимальными условиями являются: pH первичной эмульсии = 6.8 и соотношение LgsC/P = 3:1, при которых формируются стабильные микро- и наночастицы с минимальным размером (от 500 нм до 4.6 мкм) [5-А].
7. Применение метода ультразвука способствует стабилизации эмульсии с формированием частиц наименьшего диаметра с мономодальным распределением. Минимальное значение среднего диаметра $d_{4,3}$ достигается при амплитуде 70% ультразвукового воздействия на эмульсионные микрочастицы [1-А, 15-А, 23-А].
8. Полученное ЭМ лаванды проявляет умеренную степень антиоксидантной активности, установлено, что при разведении в 50 и 100 раз антиоксидантные свойства увеличиваются.

9. Наноэмульсии демонстрируют более выраженную и стабильную антимикробную активность по сравнению с микроэмульсиями, особенно при разведении 1:50. Максимальный эффект отмечен в отношении патогенных бактерий типа *Streptococcus spp*, *Proteus vulgaris* и *E. coli*, что делает их перспективными для разработки локальных антисептических средств.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Эфирные масла, полученные из лекарственных растений, занимают важное место в ряду натуральных биологически активных веществ благодаря широкому спектру их полезных свойств. Однако из-за летучести и нестабильности химического состава эфирные масла подвержены быстрой деградации под воздействием внешних факторов.

Формирование микро- и наноэмульсий, стабилизированных биополимерами, представляет собой инновационное решение, позволяющее не только сохранить биологическую активность масла, но и улучшить его растворимость, биодоступность и устойчивость к внешним воздействиям.

Анализ химического состава эфирных масел лаванды, произрастающей на различных участках, показал существенные различия в их компонентном составе. Среди них линалоол, как было показано, является самым сильным активным ингредиентом против широкого спектра микроорганизмов.

Более того, потребность в эфирных маслах в качестве пищевых консервантов растет из-за их биологического действия против пищевых патогенов.

ЭМ лаванды обладает выраженными антиоксидантными и антимикробными свойствами. Эта биологическая активность обусловлена его кислородсодержащими монотерпенами, такими как линалоол, линалилацетат, лавандулилацетат, линалоол, 1,8-цинеол и камфора.

Показано, что эмульсии ЭМ лаванды, стабилизированные двухслойным комплексом лактоглобулина и яблочного пектина (LgsC/P), оставались относительно стабильными в течение 14 дней хранения при рабочей температуре 10–20°C. Внедрение данной

технологии способствует повышению биодоступности активных компонентов и увеличению стабильности эмульсионных систем.

В заключении следует отметить, что инкапсуляция ЭМ лаванды является многообещающей альтернативой для повышения стабильности и сохранения его биологической активности. Эмульсионные микро- и нанокапсулы ЭМ на основе комплекса LgsC/P демонстрировали перспективную эффективность при локальном применении, особенно в отношении грамположительных кокков и отдельных грамотрицательных бактерий. Благодаря выраженным фармакологическим свойствам, ЭМ лаванды может найти широкое применение в фармацевтической отрасли — в частности, в качестве средств с антибактериальным, противовоспалительным, противовирусным и противогрибковым действиями.

Список публикаций по теме диссертации:

I. Статьи в журналах, индексируемые в международных базах данных (*Web of Science, Scopus* и иностранные издания)

[1-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные микро- и нанокапсулы в системе LgC /пектин с эфирным маслом лаванды (*Lavandula angustifolia*), стабилизированные ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Г.А. Кодирова, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2024. - Т.14, № 4, С. <https://vuzbiochemi.elpub.ru/jour/author/submissionReview/1110>.

[2-A] Alieva S. R. (Alizoda Sh.R.). Chemical composition of lavender essential oil growing in Tajikistan/ S.R. Alieva (Sh.R. Alizosa), Z.U. Sherova, S.S. Mamadshoeva, S.R. Usmanova, Z.K. Muhidinov and S. Mou. // *B PHARMI*. – 2024. – Vol. 4, issue 2, P. 247–249. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10682742>

II. Статьи, опубликованные в других изданиях, рекомендуемых

ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[3-A] Ализода Ш.Р. Оценка качества эфирных масел лаванды с помощью ИК-Фурье спектроскопии / Ш.Р. Ализода, А.И. Ашуров, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных и геологических наук. – 2025. – Т. № 2 (47). – С. 59-69.

[4-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Анализ физических показателей эфирных масел лекарственных растений Таджикистана, полученных

различными методами / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. – 2023. - № 4. – С. 223-234.

[5-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и микрокапсулы эфирного масла лаванды / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных наук. – 2023. – Т. 1. - № 1 (29). – С. 84-91.

[6-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Пищевые консерванты на основе эфирные масла растений Таджикистана / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, З.К. Мухидинов // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – Т. 4-2. - № 51. – С.10-15.

[7-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Методы экстракции эфирных масел и их применение (обзорная статья) / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода) // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных наук. – 2022, - Т. 1. – №4. – С. 31-40.

III. Список работ в материалах международных конференций

[8-А] Ализода Ш.Р. Компонентный состав эфирного масла лаванды, произрастающей в различных условиях Таджикистана / Ш.Р. Ализода, Г.С. Кодирова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // Материалы V Международной научно- практической конференции Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий. – Кемерово. – 2025. – С. 22-26.

[9-А] Ализода Ш.Р. Состав эфирного масла *Lavandula Angustifolia*, культивируемой на экспериментальном участке / Ш.Р. Ализода, С.С. Мамаджоева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // Маводи конференсия илмӣ – амалии байналмилалӣ бахшида ба “Амалисозии стратегияи рушди илмҳои дақиқ ва риёзӣ барои соҳҳои 2020-2040 ва барномаи давлатии мақсадноки рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ барои соҳҳои 2021-2025”. Бахшида ба рӯзи илми тоҷик таҳти унвони “Технология ва инноватсия дар амалигардонии стратегияи рушди илм ва техника” (сахми рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар пешрафти соҳаи саноат ва хизматрасонӣ) (26 майи 2025 с.). – Хучанд. – 2025. – С. 377-382.

[10-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и микрокапсулы эфирного масла лаванды, стабилизированные полисахарид-белковым комплексом и ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник статей Международной научной конференции «Развитие новых направлений в науке: современное состояние и перспективы» (25-26 октября 2024 г.). – Душанбе. – 2024. – С. 102-106.

[11-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Химический состав эфирного масла лаванды, произрастающей в Таджикистане / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.С. Мамадшоева, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник статей VI международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии», посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» (2020-2040гг.), 90-летию д.х.н., профессора Якубова Х.М. и памяти д.х.н., профессора Юсуфова З.Н., 75-летию и 53-летию научно-педагогической деятельности д.х.н., профессора Рахимовой М. (15-16 мая 2024 г.), Душанбе-2024. с. 147-152.

[12-A] Alieva Sh.R. (Alizoda Sh.R.). Chemical composition of lavender essential oil growing in Tajikistan / Sh.R. Alieva (Sh.R. Alizoda), Z.U. Sherova, S.S. Mamadshoeva, S.R. Usmanova, Z.K. Mihidinov, Mou Shuyong // Nomli ilmiy-amaliy konferensiyasi «Farmatsevtik texnologiyaning zamonaviy yutuqlari va istiqbollari», Tashkent, Uzbekistan, February 22, 2024. Pp. 247-249.

[13-A] Alieva Sh.R. (Alizoda Sh.R.). Macro- and nanocapsules of essential oil in the protein/pectin system stabilized by ultrasound / Sh.R. Alieva (Sh.R. Alizoda), G.A. Kodirova, J.T. Bobokalonov, Z.U. Sherova, Z.K. Muhidinov// ACS Fall 2023, August 13-17, 2023, in San Francisco, CA., USA.

[14-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антиоксидантная активность эмульсионных нано- и макрокапсул эфирных масел / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, Г.А. Кодирова, Ф.С. Шаропов, З.К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения». Душанбе, 2023, стр. 134-139.

[15-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и микрокапсулы эфирных масел стабилизированных лактоглобулином молочной сыворотки и яблочным пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Г.А. Кодирова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2023», 21-23 марта 2023. – Минск, Республика Беларусь. – С. 152-156.

[16-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Некоторые физические параметры эфирных масел горных трав Таджикистана / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, Ш.Ё. Холов, З.К. Мухидинов // III междн. Конференции «Развитие химической науки и области их применения» посвящ. 80-летию член-корр. НАНТ, профессора Кимсанова Б.Х., 10-ноября 2021. – Душанбе. –С. 61-66.

[17-A] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антибактериальное действие наночастиц серебра, стабилизированных пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Х.Б. Кабков, З.К. Мухидинов, З.Хужагельдиева, Ф.Тишкова // Материалы международной конференции «Актуальные вопросы биологической безопасности в современных условиях», Душанбе, 22-23 сентября 2021. стр. 44-45.

[18-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Профилактические продукты на основе пектина / З.У. Шерова, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова // II международная научно-практическая конференция «Роль женщин-учёных в развитии науки, инноваций и технологий», 16-20 августа 2021. – Гулистан, 2021. – С. 188-194.

[19-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция и антибактериальные свойства эфирных масел лаванды, выращенной в условиях Республики Таджикистан / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова // II международная научно-практическая конференция «Роль женщин-учёных в развитии науки, инноваций и технологий», 16-20 августа 2021. – Гулистан, 2021. – С. 158-161.

[20-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Микрокапсулы на основе белка серицина и яблочного пектина с антиоксидантной активностью / З.У. Шерова, С.Р. Усманова, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Мухидинов З.К. // XII Национальная научно-практическая конференция с международным участием, 17-18 декабря 2020. – Российская Федерация, Саратов, 2021. – 802-808. ID:44651505

IV. Список работ в материалах республиканских конференций

[21-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эфирное масло лаванды: химический состав и применение / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.С. Мамаджоева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // «Саҳми занон дар рушди илм», Душанбе, Таджикистан, 21 февраля 2024.

[22-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антибактериальные свойства эмульсионных нано- и макрокапсул эфирного масла лаванды (*lavandulaangustifolia*), стабилизированных лактоглобулином и яблочным пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.К. Мухидинов, Ф.М. Тишкова // Материалы научно-практической конференции (69-й годичной) с международным участием, «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», Душанбе 2021, Том 2, стр. 680.

[23-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные микрокапсулы в системе белок/пектин с эфирным маслом лаванды узколистной (*lavandula angustifolia*) стабилизированным ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы научно-практической конференции (69-й годичной) с международным участием, «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», Душанбе 2021, Том 2, стр. 679.

[24-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция эфирных масел некоторых лекарственных растений Таджикистана гидродистилляцией и дистилляцией водяным паром / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября 2021 г., стр. 117-121.

[25-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Анализ физических параметров эфирных масел лекарственных растений Таджикистана, полученных разными методами / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К.Мухидинов // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября 2021 г., стр. 114-117.

[26-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Характеристика олигосахаридов из растений *E.Hissaricus* ИК-спектроскопией / А.А. Ашуров, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.К. Мухидинов // Материалы научно-практической конференции «XI Ломоносовские чтения». Душанбе, 2021, стр. 38-42.

[27-А] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция эфирного масла Лаванды дистиляцией паром и гидродистиляционным методом / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки» с участием международных организаций, 10 декабря 2020 г, г. Душанбе, РТ, стр. 23-24.

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
Институти кимиёи ба номи В.И. Никитин
Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи
Маркази (Душанбе)

ТДУ: 577.12:544.773

Бо ҳуқуқи дастнавис



АЛИЗОДА ШАҲНОЗАБОНУ РАҶАБЕК

МИКРО- ВА НАНОЭМУЛСИЯ ДАР АСОСИ РАВҒАНИ ЭФИРИИ
ЛАВАНДА, КИ БО БИОПОЛИМЕРҲО УСТУВОР КАРДА
ШУДААНД

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори фалсафа
(PhD) – доктори аз рӯйи ихтисоси 6D060600 – Химия
(6D060606 –Пайвастаҳои фаромолекулӣ)

Душанбе – 2025

Рисола дар озмоишгоҳи "Пайвастагиҳои калонмолекулавӣ" - и Институти кимиё ба номи В. И. Никитини АМИТ иҷро шудааст ва дар озмоишгоҳи "Экология ва геология" – и Маркази илмӣ-таҳқиқоти экология ва муҳити зисти Осиёи Маркази (Душанбе)

Рохбари илмӣ: **Муҳиддин Зайниддин Камар** - доктори илмҳои химия, профессор, мудири озмоишгоҳи "Пайвастагиҳои калонмолекулавӣ"-и Институти кимиё ба номи В. И. Никитини АМИ Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ: **Ҷумаев Бахшулло Бокиевич** – доктори илмҳои биология, узви-вобастаи АМИТ, сарҳодими илмии Институти ботаника, физиология ва генетикаи растании АМИТ

Исаева Асем Бахитжановна - доктор PhD, ҶСК «Қорхонаи илмӣ-истехсолии «Антиген», ш. Алмаато, Ҷумҳурии Қазоқистон

Муассисаи пешбар: Институти физика ва химияи полимерҳои Академияи илмҳои Ҷумҳурии Ўзбекистон

Химояи диссертатсия "29"-уми декабри соли 2025, соати 13:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.KOA-080-и назди Институти кимиё ба номи В.И. Никитини АМИТ дар суроғаи: 734063, ш. Душанбе, кӯчаи Айни, 299/2, Институти кимиё ба номи В.И. Никитин, дар толори Шурои олимон баргузор мегардад. E-mail: shd.6d.koa.080@gmail.com

Бо рисолаи илмӣ дар китобхона ва дар сомонаи Институт (www.ikai.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «_____» _____ соли 2025 ғарзоста шуд.

Котиби илмӣ
Шурои диссертатсионии
6D. KOA-080, н.и.х.



С.Р. Усманова

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзӯи таҳқиқот. Равғанҳои эфирие, ки аз растаниҳои шифобахш гирифта мешаванд, манбаи ғании пайвастаҳои биологӣ фаъол мебошанд. Равғани эфирӣ (РЭ) лаванда, ки бо хосиятҳои антиоксидантӣ, антисептикӣ ва оромбахши худ машҳур аст, яке аз унсурҳои серталаб барои таҳияи доруҳо, маҳсулоти косметикӣ ва ғизоӣ ба шумор меравад. Бо вучуди ин, бинобар хушкшудани нисоят баланд ва ноустувории таркиби химиявӣ, РЭ ба осебпазирии зуд зерӣ таъсири омилҳои муҳити беруна дучор мешаванд. Ин соҳаҳои истифодаи онҳоро маҳдуд ва самаранокии онҳоро коҳиш медиҳад.

Ташаккули микро- ва наноэмулсияҳое, ки тавассути биополимерҳо устувор карда мешаванд, як ҳалли инноватсионист, ки на танҳо барои нигоҳ доштани фаъолияти биологӣ РЭ, балки барои беҳтар кардани ҳалшавандагӣ, интиқоли он дар организм ва муқовимат ба таъсири беруна имкон медиҳад. Истифодаи биополимерҳо ба монанди пектин ва лактоглобулини зардоби истифодаи беҳатар ва аз ҷиҳати экологӣ тозаии ин системаҳоро дар истеҳсоли маҳсулоти тиббӣ таъмин мекунад.

Илова бар ин, бо назардошти маъруфияти афзояндаи ҷузъҳои табиӣ дар соҳаҳои ҷаҳонӣ, истифодаи РЭ лаванда дар шаклҳои устувори эмулсия ба талаботи рушди устувор ҷавобгӯ аст. Ин барои саноати хурукворӣ маҳсусан муҳим аст, ки дар он ҷо иловаҳои табиӣ асоси маҳсулоти функционалӣ мегарданд. Таҳқиқот оид ба таъсири омилҳои гуногун ба монанди рН, консентратсияи биополимерҳо ва таъсири ултрасадо ба хусусиятҳои микро- ва наноэмулсияҳо ва ба эҷоди технологӣ оптимизатсияшуда мусоидат мекунад.

Аз ин рӯ, аҳамияти ин таҳқиқот аз зарурияти таҳияи равишҳои нав ба эътидол овардани равғанҳои эфирӣ бармеояд, ки самаранокии баланд ва васеъ кардани доираи татбиқи онҳоро таъмин кунанд. Коркарди микро- ва наноэмулсияҳои устувори РЭ лаванда бо истифода аз биополимерҳо ҳам аҳамияти илмӣ ва ҳам амалӣ дорад, ки дар соҳаҳои мухталиф барномаҳои эҳтимолиро мекушоянд.

Дарачаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ. Дар солҳои охир ба кор карда баромадани технологияе, ки устувории равғани эфириро дар шароитҳои гуногун таъмин мекунад, диққати васеъ дода мешавад.

Барои ба эътидол овардани РЭ усулҳои зерини инкапсулятсия истифода мешаванд: эмулсия, липосомаҳо, хушккунии дорупошӣ, комплекссозии инклюзия, коасерватсияи мураккаб,

электропрядение. Муносибати аз чониби муаллиф ба эътидол овардани РЭ тавассути инкапсулятсия дар микро- ва нанокапсулаҳо бо истифода аз технологияи инкапсулятсияи дуқабата бо истифода аз моддаи фаъол бо биополимерҳо нав буда, ҳамчун як коркарди асли дар ин кор муаррифӣ шудааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ.

Мавзӯи рисола дар доираи самтҳои муосири илмие, ки дар Стратегияи рушди илмию технологияи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021-2025 пешбинӣ шудаанд, таҳия гардида, инчунин бо ҳадафҳои таҳқиқотӣ барои давраи то соли 2030 ба нақша гирифта шудааст.

Таҳқиқот дар чараёни татбиқи иҷроии лоиҳаи “Институти кимиёи ба номи В. И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон” дар мавзӯи “Эҷоди интиқолдиҳандагони маводҳои доруворӣ ва маҳсулотҳои ғизӣ дар асоси биополимерҳо” омода шудааст (рақами қайди давлатӣ ГР 0116ТJ 00543).

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот – таҳияи микро- ва наноэмулсияҳои рағвани эфирии лаванда, ки бо биополимерҳо устувор карда шудаанд ва омӯختани хосиятҳои антиоксидантӣ ва бактерисидии онҳо барои истифодаи самаранок мебошад.

Вазифаҳои таҳқиқот:

- истихроҷи РЭ аз ду навъи лаванда бо усулҳои гуногун;
- омӯзиши таркиби химиявӣ ва хосиятҳои физикӣ-химиявии лаванда РЭ;
- коркарди усули ташаккули микро- ва наноэмулсияҳо дар асоси РЭ лаванда ва устувор кардани онҳо бо биополимерҳо;
- омӯзиши таъсири навъи пектин, рН, амплитудайи ултрасадо ва таносуби биополимерҳо ба андозаи микро- ва нанозаррачаҳо;
- омӯзиши хосиятҳои биологии РЭ лаванда ва микрокапсулаҳои эмулсионӣ дар асоси онҳо: хосиятҳои антиоксидантӣ ва бактерисидӣ;

Объектҳои таҳқиқот пояҳои гули лаванда баргборик мебошанд, ки дар ду макони гуногуни таҷрибавӣ парвариш карда мешаванд - Институти ботаника, физиология ва генетикаи растанӣ (ИБФГР) Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (АМИТ) ва

Институти зоология ва паразитология (ИЗП) ба номи Е.Н. Павловский АМИТ, равғанҳои эфирии лаванда, ки бо усулҳои гуногун ба даст оварда шудаанд, пектини себ, концентрати лактоглобулини, микро- ва нанокапсулаҳои эмулсионӣ, инчунин реактивҳои зарурӣ ва моддаҳои ёрирасоне, ки дар рафти таҷриба истифода бурда мешаванд.

Мавзӯи (предмети) таҳқиқот. Ҷудокунии равғани эфирии лаванда, омӯзиши таркиби химиявӣ ва хосиятҳои физикӣ-химиявии он, таҳияи усули инкапсуلياتсия тавассути устуворгардонӣ бо биополимерҳо ва таҳқиқи хосиятҳои антиоксидантӣ ва бактерисидии онҳо барои истифодаи самаранок.

Навгони илмӣ таҳқиқот.

Шароити оптималии истихроҷи РЭ лаванда бо роҳи гидродистиллятсия омӯхта ва дарёфт карда шуданд;

Бори аввал таркиби химиявии равғани эфирӣ лаванда, ки аз ду қитъаи таҷрибавии гуногун ҷамъ оварда шудааст — ИБФРГ АМИТ ва ИЗП ба номи Е.Н. Павловский АМИТ;

Усули ташаккули наноэмулсияҳои равғани эфирии лаванда таҳия карда шуд, ки бо пӯшиши дуқабатаи лактоглобулин ва пектин бо андозаи ҳадди ақали зарраҳо, дараҷаи баланди устуворӣ ва бо истифода аз ултрасадо устувор карда шудааст;

Андозаи микрозарраҳои ҳосилшуда муайян карда шуда, диаметри миёнаи зарраҳои эмулсионӣ ҳамчун диаметри миёнаи ҳаҷмӣ-вазӣ $d_{4,3}$ ҳисоб карда шуд;

Шароити назорати мақсадноки андозаи микрозарраҳо тавассути тағир додани рН ва таносуби биополимерҳо оптимизатсия карда шуд;

Нишон дода шуд, ки микрозарраҳои ба даст овардашуда бо равғани эфирии лаванда дорои хосиятҳои антиоксидантӣ ва бактерисидӣ мебошанд.

Аҳмияти назариявӣ ва амалӣ таҳқиқот.

Усулҳои таҳияшудаи ташаккули микро- ва наноэмулсияҳои РЭ лаванда, ки бо пӯшиши дуқабата аз комплекси лактоглобулин ва пектин устувор гардонида шудаанд, саҳми муҳим дар рушди маҳсулоти инноватсионӣ мебошанд, ки дар саноати фармасевтӣ талаботи зиёд доранд. Ҷорӣ намудани ин технологияҳо бо баланд

бардоштани биодастрасии компонентҳои ғайӣ ва зиёд гардидани устувории системаҳои эмулсионӣ мусоидат мекунад.

Яке аз ҷиҳатҳои асосии таҳқиқот қор қарда баромадани усулҳои самарабахши мӯтадил гардондани рағҳои эфирӣ мебошад, ки барои ҳеле васеъ қардани доираи истифодаи онҳо имконият медиҳад. Натиҷаҳои ба даст омада ба тақмил додани рағҳои технологӣ, ки ба баланд бардоштани самаранокӣ ва дарозумрии системаҳои эмулсионӣ рағона шудаанд, мусоидат намуда, дурнамои навро барои таҳияи мавод ва маҳсулоти инноватсионӣ бо хусусиятҳои беҳтаршуда мекушоянд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда.

Муаллиф натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, қорқард ва тафсири маълумоти бадастовардашударо барои дифоъ пешниҳод мекунад, ки бо тартиби зерин пешниҳод қарда мешаванд:

- Истихроҷи РЭ лаванда, ки бо роҳи гидродистиллятсия аз ду макони гуногуни таҷрибавӣ қамъоварӣ шудаанд: омӯзиши параметрҳои физикию химиявии рағҳои ҳосилшуда, ба монанди зичии РЭ ва нишондиҳандаи шикасти рушноӣ; таҳлили қимйии РЭ лаванда бо истифода аз хроматографияи GC-MS ва спектроскопияи ИС ба муаллиф имкон дод, ки мавҷудияти терпенҳо, линалоол, линалил ацетат ва дигар қузьҳои қалидии РЭ лавандаро муайян кунад. Тафовутҳо дар тарқии химиявии рағҳои эфирӣ дар қойҳои гуногун парваришфта низ мушоҳида шуданд.
- Усули ташаккули микрозарраҳо дар асоси РЭ лаванда, ки бо биополимерҳо устувор қарда шудааст, инчунин усули арзёбии андозаи онҳо: ба даст овардани микро- ва нанокансулаҳои РЭ лаванда, ки бо комплекси лактоглобулин ва пектин (LgsC/P) устувор қарда шудаанд ва омӯзиши таъсири таносуби биополимер ба андозаи зарраҳо; ба даст овардани зарраҳои эмулсионӣ бо диаметри миёнаи $d_{4,3}$ дар ҳудуди 1.20 - 5.80 мкм.
- Таҳлили ҳосиятҳои антиоксидантӣ ва зидибактериявии РЭ лаванда ва микрозарраҳои ҳосилшуда: РЭ, ки аз қитъаи ИБФР-и Академияи миллии илмҳо гирифта шудааст, ҳангоми сероб намудан дар таносуби 1:10 ҳосиятҳои максималии антиоксидантиро нишон медиҳад, дар ҳоле ки ғайолияти антиоксидантии эмулсияҳои РЭ лаванда, ки дар таносуби 1:200 сероб шудаанд, ба 14.41% мерасад; муайян қарда шуд, ки РЭ

лавандаи микро ва нанокапсулаҳо, новобаста аз миқдор, хосиятҳои намоёни бактерициди (P < 0.05) нисбат ба намунаҳои *Streptococcus spp.*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella* ва *E. coli* нишон медиҳанд.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо бо истифодаи таҷҳизоти муосири таҳлилий тасдиқ мегардад (микроскопи электронӣ OLYMPUS BX53 (Чопон); гомогенизатори IKA T-25 (ULTRA TURRAX, IKA-WERKE GMBH & CO.KG, Олмон); хроматографияи газӣ-масс-спектрометрӣ Agilent 7890B-5977A (ИМА); спектроскопияи ИС-Фурье Spectrum 65, Perkin Elmer (Швейцария), ки бо нармафзори махсус таъмин шудаанд, инчунин бо истифодаи усулҳои коркарди статистикӣ маълумоти таҷрибавӣ. Эътимоднокии ҳулосаҳои бадастомада ҳам аз мувофиқати маълумот, ки бо истифодаи усулҳои гуногун ба даст оварда шудаанд, ва ҳам аз мувофиқати онҳо ба қонунҳои асосии физикӣ-кимиёвӣ ва маълумоти адабиёт тасдиқ мешавад.

Мутобиқати диссертатсия бо шиносномаи ихтисоси илмӣ. Қисмати асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ ба шиносномаи ихтисоси 6D060606 –Пайвастагиҳои калонмолекулавӣ мувофиқи бандҳои 5, 7 ва 9 мувофиқат мекунад: (5. Таҳқиқоти сохторҳои молекулавӣ ва супрамолекули биополимерҳо; 7. Ҳолатҳои физикӣ ва гузаришҳои фаза дар пайвастагиҳои калонмолекулавӣ. Реологияи полимерҳо ва композитҳо; 9. Таҳияи мақсадноки маводҳои полимерӣ бо функсияҳои нав ва сохторҳои зехнӣ барои истифодаи онҳо, ки дорои хусусиятҳои мебошанд, ки соҳаҳои татбиқашонро дар бахшҳои гуногуни илм ва техника муайян мекунад).

Саҳми шахсии довталаби дарёфти дараҷаи илмӣ иборат аст аз банақшагирӣ ва иҷрои таҳқиқотҳои таҷрибавӣ, коркард ва тафсири маълумоти бадастомада, инчунин омодакунии мақолаҳои илмӣ ва навиштани қори диссертатсионӣ дар ҳаммуаллифӣ бо роҳбари илмӣ.

Тасвиби ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Маводҳои асосии қори диссертатсионӣ дар доираи конфронсҳои байналмилалӣ илмӣ пешниҳод ва гузориш дода шуданд: ACS Fall 2023 (13–17 августи 2023, Сан-Франсиско, Калифорния, ИМА); «Farmatsevtik texnologiyaning zamonaviy yutuqlari va istiqbollari» (Тошканд, Ўзбекистон, 22 феввали 2024); XII Конфронси милли-илмӣ-амалӣ бо иштироки байналмилалӣ (17–18 декабри 2020,

Федератсияи Русия, Саратов); маводи конфронси байналмилалӣ «Масъалаҳои актуалии амнияти биологӣ дар шароити муосир» (Душанбе, 22–23 сентябри 2021); маводи конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ «XIII Ломоносовские чтения» (Душанбе, 2023); маводи V Конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалӣ «Медико-биологӣ ва нутритсиологӣ ҷанбаҳои технологияҳои ҳифзи саломатӣ» (Кемерово, 2025, сах. 22–26);

Маводи Конфронси илмӣ-амалӣ (69-умин солони) бо иштироки байналмилалӣ «Дастовардҳо ва мушкилоти илми бунёди ва тибби клиникӣ» (Душанбе, 2021, ҷ. 2, сах. 679).

Маводи Конфронси байналмилалӣ илмӣ-техникии ҷавонони олим «Мавод ва технологияҳои инноватсионӣ – 2023» (21–23 март 2023, Минск, Ҷумҳурии Беларус); Конфронси III байналмилалӣ «Рушди илми химия ва соҳаҳои истифодаи он», бахшида ба 80-солагии узви вобастаи АМИТ, профессор Кимсанов Б.Х. (10 ноябри 2021, Душанбе); маводи Конфронси ҷумҳуриявӣ илмӣ-амалӣ – XVI Хонишҳои Нуманов «Дастовардҳои илми химия дар 30 соли истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон» (27 октябри 2021, Душанбе); инчунин конфронси «Саҳми қонун дар рушди илм» (21 феврали 2024, Душанбе, Тоҷикистон).

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Дар мавзӯи диссертатсия 7 мақола дар маҷаллаҳои баррасишаванда нашр шудааст, аз ҷумла: 1 мақола — воридшуда ба пойгоҳи байналмилалӣ «*Web of Sciences*», 5 мақола дар маҷаллаҳои аз рӯйхати ВАК назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Русия ва 1 мақола дар маҷаллаи қушоди ҷопи Иттиҳоди Аврупо *Zenodo* (PHARMI). Натиҷаҳои бадастомада санҷиши васеъро гузашта, дар шакли 13 тезис дар маърузаҳои конфронсҳои байналмилалӣ илмӣ ва 7 тезис дар маҷаллаҳои конфронсҳои ҷумҳуриявӣ нашр шудаанд.

СОҲТОР ВА ҲАҶМИ ДИССЕРТИТСИЯ

Кори диссертатсионӣ дар шакли дастнавис бо ҳаҷми 164 саҳифа пешниҳод шуда, иборат аст аз: муқаддима, се боби асосӣ, ки баррасии адабиёт, тавсифи методҳо ва қараёни таҷрибаҳо, таҳлил ва тафсири маълумоти бадастомада, инчунин хулосаҳо ва тавсияҳоро дар бар мегиранд (бо ҳаҷми умумии 141 саҳифа). Матн бо 29 расм ва

44 чадвал тасвир шудааст. Рӯйхати адабиёт 145 манбаъро дар бар мегирад.

Дар муқаддима аҳамияти мавзӯъ асоснок карда шуда, мақсад ва вазифаҳои кор, нағзониҳои илмӣ, арзиши илмӣ-амалӣ, муқаррароти ба химоя пешниҳодшаванда ва ғайра муайян карда шудаанд.

Дар боби якум таҳлили маълумоти адабиётӣ оид ба рағзаниҳои эфирӣ, намудҳо ва хусусиятҳои физикӣ-химиявӣ онҳо бо таъкид ба таркиби химиявӣ ва хусусиятҳои биологии рағзани эфирии лаванда пешниҳод шудааст. Рағзаниҳои муосир барои ба даст овардан ва устуворсозии микро- ва наноземлсияҳо баррасӣ шудаанд. Маълумот оид ба хосиятҳои антиоксидантии рағзани эфирии лаванда ва микрокапсулаҳои дар асоси он таҳияшуда, инчунин имкониятҳои истифодаи рағзаниҳо ва маводҳои композитсионии дар асоси он, аз ҷумла дар саноати ҳурукворӣ, пешниҳод шудааст. Дар асоси таҳлили баррасиҳои адабиётӣ ҳадаф ва вазифаҳои асосии диссертатсия муайян карда шудаанд.

Дар боби дуюм хусусиятҳои моддаҳои ибтидоӣ оварда шудаанд; усулҳои микдории таҳлили пектин; ҷудокунии рағзани эфирии лаванда; параметрҳои физикӣ-химиявӣ рағзани эфирӣ; хроматография газӣ-масс-спектрометрӣ (ХГ-МС); спектроскопияи ИС-Фурье; усули инкапсуласияи рағзани эфирӣ дар системаҳои «рағзан дар об» (р/о), ки бо комплекси сафеда ва пектин устувор гардонида шудаанд.

Дар боби сеюм маълумот оид ба ҷудокунии рағзани эфирии лаванда ва параметрҳои физикӣ-химиявӣ он пешниҳод шудааст. Таркиби химиявӣ рағзани эфирии лаванда бо усулҳои ГХ-МС ва спектроскопияи ИС-Фурье омӯзиш шудааст. Микро- ва наноземлсияҳо дар асоси рағзани эфирии лаванда ҳосил гардида, фаъолияти антимикробӣ ва антиоксидантии рағзани эфирӣ ва землсияҳо таҳқиқ карда шудаанд.

Дар қисми 3.2 параметрҳои физикӣ-химиявӣ рағзани эфирии лаванда, аз ҷумла зичии рағзани эфирӣ, нишондоди шикастнопазирӣ, потенциали дзета ва часпаки вобаста ба амплитудайи ултрасадо оварда шудаанд.

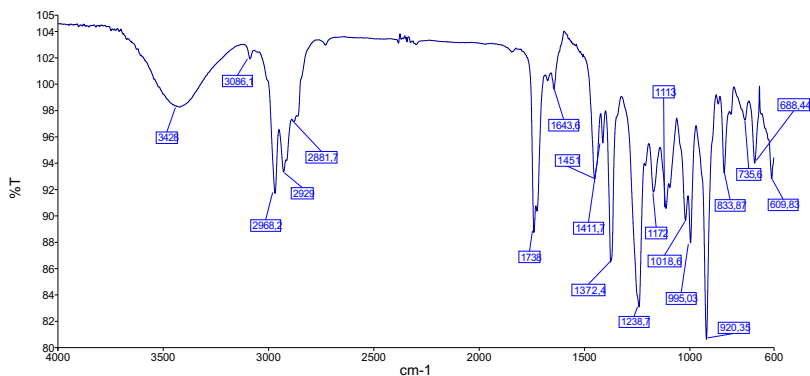
Зичии рағзаниҳои эфирӣ аз давраи ҷамъоварии ашёи хом, усули истихроҷ ва шароити нигоҳдорӣ вобаста аст. Муайян карда шуд, ки рағзани лаванда, ки аз қитъаи ИЗП АМИТ ба даст омадааст, нисбат ба рағзан аз қитъаи ИБФРГ АМИТ зичии баландтар (0.879 г/мл) ва

нишондоди шикастнопазирии бештар (1.464) дорад (барои ИБФРГ — 0.873 г/мл ва 1.459 мутаносибан).

Нишон дода шуд, ки зиёд кардани амплитуда ба коҳиши диаметри миёнаи зарраҳо (то 2.07 мкм) ва афзоиши заряди манфӣ дар сатҳи онҳо (то -29.6 мВ) мусоидат мекунад, ки устувории дисперсияхоро баланд мебардорад. Шароити оптималии коркард ташаккули заррахоро бо сатҳи мушаххаси баланд ва устувории хуб таъмин менамояд.

Қисми 3.3 спектрҳои ИС-Фуриёи рағғани эфирии лаванда тавсиф мекунад. Спектр хатиҳои хоси ҷаббро нишон медиҳад, ки имкон медиҳанд мавҷудияти терпенҳо, линалоол, линалилатсетат ва дигар ҷузъҳои калидиро, ки ба таркиби рағғани табиӣи лаванда дохил мешаванд, муайян кунанд.

Спектри ИС-Фуриёи рағғани эфирӣ лаванда (расми 1) мавҷудияти қуллаи васеъро дар 3428 см^{-1} нишон медиҳад, ки ба ларзишҳои О-Н-и спиртҳо ё фенолҳо мувофиқат мекунад, инчунин хатҳои ҷабб дар 2968.2 , 2929 ва 2881.7 см^{-1} мавҷуданд, ки ба робитаҳои алифатии С-Н дар гурӯҳҳои $-\text{CH}_3$ ва $-\text{CH}_2-$, хоси терпенҳо ишора мекунад.



Расми 1. – ИС-Фуриёи спектри РЭ лаванда, ки дар қитъаи ИБФРГ АМИТ мерӯяд

Қуллаи 1738 см^{-1} аз ҳузури гурӯҳи карбонилӣ $\text{C}=\text{O}$, ки барои эфирҳои мураккаб маъмул аст, шаҳодат медиҳад, ва банд дар 1643.6 см^{-1} мавҷудияти пайвандҳои дукаратаи $\text{C}=\text{C}$ -ро нишон медиҳад. Дар

минтакаи $1451\text{--}1411.6\text{ см}^{-1}$ ларзишҳои деформатсионии гурӯҳҳои метил ва метилен ба қайд гирифта мешаванд, ва қуллаҳои сершумори шадид дар диапазони $1238.7\text{--}1018.6\text{ см}^{-1}$ ба ларзишҳои C--O ва C--C мувофиқат карда, мавҷудияти спиртҳо ва эфирҳо тасдиқ мекунанд. Хатҳо дар 833.87 , 735.6 ва 688.4 см^{-1} ба мавҷудияти фрагментҳои алифатӣ ва ароматикӣ, инчунин ларзишҳои деформатсионии гурӯҳҳои $=\text{C--H}$ ишора мекунанд, ки барои терпенҳо ва ҳосилаҳои онҳо хос мебошанд.

Спектри ИС-Фурье равшани эфирӣ лаванда (расми 2) бандҳои хоси азхудкуниро нишон медиҳад, ки мавҷудияти карбогидридҳои алифатиро нишон медиҳанд (қуллаҳо дар 2922 ва 2852 см^{-1} , ки ба ларзишҳои $-\text{CH}_2-$ ва $-\text{CH}_3$), эфирҳо (банд дар 1747.8 см^{-1} – C=O ларзишҳои дароз) ва пайвастиҳои тофта (қуллаи 1645.6 см^{-1} – C=C). Дар доираи $1450\text{--}1410\text{ см}^{-1}$, ларзишҳои деформатсияи гурӯҳҳои метилен ва метил мушоҳида мешаванд. Қуллаҳои сершумори шадид дар минтакаи $1250\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ (аз ҷумла 1235.7 ,

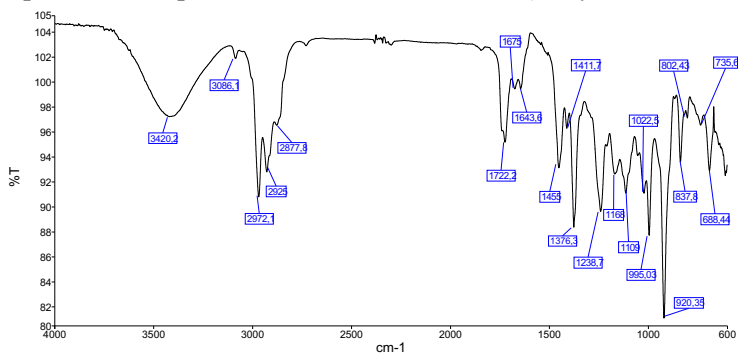


Рисунок 2. – ИС-Фурье спектри РЭ лаванда, ки дар қитъаи ИЗП АМИТ мерӯяд

1168 , 1119 ва 1022.5 см^{-1}) мавҷудияти спиртҳо, фенолҳо ва эфирҳо аз ларзиши пайвандҳои C--O инъикос мекунанд. Дар минтакаи зери 950 см^{-1} , ларзишҳои гурӯҳҳои винилӣ ва аллилӣ ($=\text{C--H}$) барои терпенҳо ба қайд гирифта мешаванд. Ҳамин тариқ, спектр мавҷудияти ҷузъҳои маъмулиро дар равшани эфирӣ тасдиқ мекунанд: терпенҳо, терпенолҳо, эфирҳо ва спиртҳо.

Қисми 3.4 таҳлили таркиби кимиёвии РЭ лаванда аз ҷониби ХГ-МС пешниҳод мекунанд. Равғани эфирии лаванда, ки аз қитъаи

ИБФРГ АМИТ гирифта шудааст, дорои 64 ҷузъ аст. Ҷузъҳои асосии рағғани эфирии лаванда, аз рӯи натиҷаҳои таҳлил, линалоол ва линалилатсетат мебошанд, ки миқдори онҳо мутаносибан 33.27% ва 21.01% буд. Яқоя ин ду ҷузъ 54.28 фоизи таркиби умумии нафтро ташкил медиҳанд.

Таҳлили муқоисавии таркиби химиявии рағғани эфирии лаванда дар ҷадвали 1 пешниҳод шудааст.

Ҷадвали 1. - Таҳлили муқоисавии таркиби химиявии рағғани эфирии лаванда.

№	Ҷузъ	Қитъаи 1 (ИБФРГ АМИТ)	Қитъаи 2 (ИЗП АМИТ)
1	линалоол	33.27	22.58
2	линалилатсетат	21.01	10.37
3	терпен-4-ол	6.89	3.88
4	L-α-терпинеол	6.62	6.42
5	1,2-оксалиналоол	1.41	9.37
6	эвкалиптол	1.88	2.63
7	криофиллен	1.81	1.40
8	криофилленоксид	0.62	3.54
9	т-кандиол	0.62	1.04

Таркиби химиявии рағғани эфирии лаванда, ки аз қитъаи ИЗП АМИТ гирифта шудааст, аз 139 ҷузъ иборат аст. Он бо бартариин линалоол ва линалилатсетат тавсиф мешавад, ки миқдори онҳо мутаносибан 22.58 % ва 10.37 %-ро ташкил дода, дар маҷмӯъ 32.95 % аз шумораи умумии ҷузъҳоро ташкил медиҳанд. Дар байни дигар пайвастиҳои муҳим L-α-терпинеол (6.42 %), 1,2-оксалиналоол (5.34 %), терпинен-4-ол (3.88 %), эвкалиптол (2.63 %), борнеол (2.17 %), лавандулл (1.51 %), мерисин (1.32 %) ва як қатор пайвастиҳои дигар муайян карда шуданд.

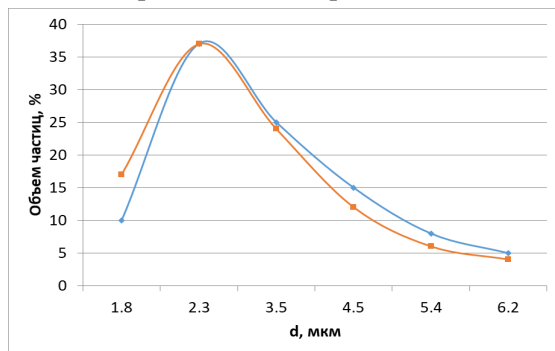
Ҷунон ки аз натиҷаҳои бадастомада бармеояд, рағғани эфирии қитъаи 1 бо миқдори зиёди линалоол ва линалилатсетат фарқ мекунад, ки онро бештар ба рағғани классикии *Lavandula angustifolia* монанд месозад. Намунаи аз қитъаи 2 гирифташуда профили мураккабтар ва гуногунтарро нишон медиҳад, ки дорои миқдори зиёди оксаливалол, кариофилленоксид ва нерол атсетат мебошад, ки

бо фаъолияти зиддибактериявӣ ва ситотоксикӣ тавсиф мешаванд. Ин ба бартарии эҳтимолии фармакологии намунаи китъаи 2 дар таҳияи доруҳои дорои фаъолияти зидди микробӣ ишора мекунад.

Ҳамин тариқ, натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки рағғани эфирии лаванда, ки дар Тоҷикистон парвариш шудааст, бо микдори зиёди линалилатсетат фарқ мекунад, ки ба шароити мусоиди иқлимӣ минтақа барои парвариши ин зироат ишора мекунад. Ҳавои тозаӣ кӯҳӣ, нурҳои офтобӣ ва хокҳои минералдор ба чамъшавии моддаҳои арзишманд мусоидат мекунанд.

Дар қисми 3.5 раванди ташаккули микро- ва нанокапсулаҳои РЭ лаванда, ки бо маҷмӯи лактоглобулин ва пектин (LgsC/P) устувор карда шудаанд, оварда шудааст ва **дар қисми 3.5.2.** таъсири таносуби биополимерҳо ба андозаи зарраҳо омӯхта мешавад. Се эмулсия бо таносуби LgsC/P (5:1) (3:1) ва (2:1) гирифта шуд.

Барои баҳодиҳии андозаи зарраҳо 43 зарра барои таносуби (5:1) ва 47 зарра барои таносуби (3:1) омӯзиш шуданд. Диаметри миёна $d_{4,3}$ ва ҳиссаи ҳаҷмӣ зарраҳои эмулсионӣ мутаносибан 4.37 ва 5.03-ро ташкил дод. Ҳангоми таносуби LgsC/P 5:1 диапозони андозаи зарраҳо аз 1.2 мкм (арзиши ҳадди ақали ба қайд гирифташуда) то 5.8 мкм (арзиши ҳадди аксар) мушоҳида шуд. Дар ҳолати системаи бо таносуби 3:1 диаметри ҳадди ақал 1.7 мкм буда, ҳадди аксар ба 6.2 мкм мерасид.



Расми 3. – Қачхатҳои тақсими андозаи микро- ва нано зарраҳо дар системаи эмулсионии лактоглобулин ва пектини себӣ, ки рағғани эфирии лавандаи баргборикро дар pH (LgsC/P)=3.6 дар бар мегирад: LgsC/P 3:1 (хатти кабуд); LgsC/P 5:1 (хатти сурх)

Дар расми 3 қачхатҳои тақсими андозаи нано- ва макрозарраҳо дар системаи эмулсионии лактоглобулин ва пектини себӣ, ки рағғани эфирии лавандаи баргборикро дар pH (LgsC/P)=3.6 дар бар мегирад, оварда шудааст. Дар шароити муҳити бо pH

баробар ба 3.6, маҳлули β -лактоглобулин (LgsC) дорои заряди мусбии умумӣ дар сатҳи молекулаҳои сафеда мебошад. Тибқи маълумоти дар расми 2 пешниҳодшуда, ҳангоми таносубҳои LgsC/P 3:1 ва 5:1 ҳадди аксари тақсимои нано- ва микрозарраҳо дар минтақаи андозаи ҳадди ақал бо қулла дар 2.4 мкм мушоҳида мешавад. Саҳми чунин зарраҳо 37 % аз шумораи умумии система дар ҳарду ҳолатро ташкил медиҳад. Андозаҳои эмулсияҳои ҳосилшуда дар ҳудуди аз 2 мкм то 6 мкм қарор доштанд.

Қисми 3.5.3 ба таъсири pH маҳлули лактоглобулин ба устуворӣ ва андозаи зарраҳои микрокапсулаҳо бахшида шудааст. Барои омӯзиши таъсири pH маҳлули лактоглобулин ба устуворӣ ва андозаи зарраҳои микрокапсулаҳо якчанд силсилаи намунаҳо бо арзишҳои гуногуни pH LgsC омода карда шуданд. Дар ҷадвали 2

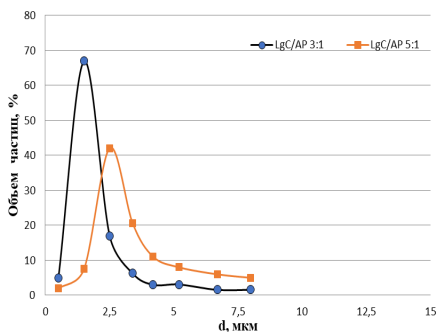
Ҷадвали 2. - Таносуби биополимерҳо, pH маҳлули ибтидоии LgsC, pH ва андозаи зарраҳои эмулсияҳои ҳосилшуда

LgsC/P	pH LgsC	LgsC/P мол/мол	pH эмулсия	d _{4,3} мкм	V, мл (РЭЛ)
3:1	6.80	36.12	5.51	4.56	1
5:1	6.80	57.83	5.47	4.66	1
2:1	4.95	23.07	4.07	6.17	1
3:1	4.95	36.15	4.46	3.17	1
10:1	4.95	115.8	4.59	5.75	1

таносубҳои маҳлули обии концентрати лактоглобулини зардоби шир ба пектин (LgsC/P), pH LgsC, pH ва андозаи зарраҳои эмулсияҳои ҳосилшуда оварда шудаанд.

Тибқи маълумоти дар ҷадвали 2 пешниҳодшуда, дар шароите, ки эмулсияи ибтидоӣ дорои заряди манфӣ сатҳӣ мебошад (ҳангоми pH = 6.80), илова кардани пектин барои ташаккули қабати дуюм ба паст шудани кислотнокӣ муҳит оварда мерасонад. Ҳамзамон бо зиёд шудани таносуби биополимерҳо LgsC/P, яъне бо афзоиши ҳиссаи протеин, pH эмулсия то 5.51 дар таносуби 3:1 ва то 5.47 дар таносуби 5:1 коҳиш меёбад. Ҳамзамон бо ин, диаметри миёна ва ҳиссаи ҳаҷмии зарраҳои эмулсия (d_{4,3}) то 4.56 мкм дар таносуби LgsC/P = 3:1 кам шуда, баъдан афзоиши андозаи миёнаи зарраҳо то 4.67 мкм дар таносуби 5:1 мушоҳида гардид.

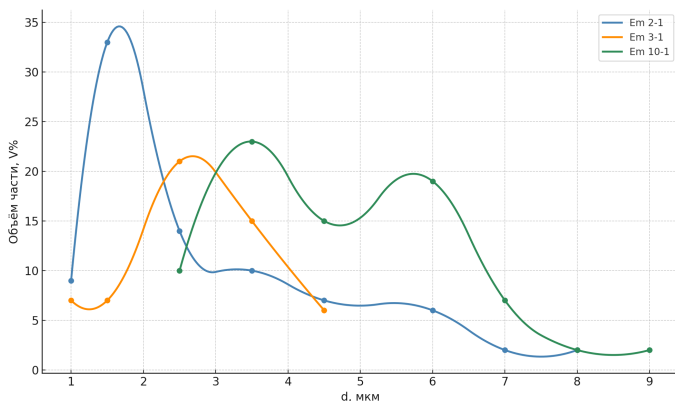
Дар расми 4 қачхатҳои тақсимои нано- ва макрозарраҳои рағғани эфирии лаванда, ки бо лактоглобулин (LgsC) ва пектини себӣ устувор гардониди шудаанд, бо таносубҳои гуногуни LgsC/Р вобаста ба рН дар сатҳи эмулсияи ибтидоӣ тасвир шудаанд.



Дар ҳолати якум, вакте ки LgsC дар маҳлул заряди манфӣ дорад ($pH = 6.8$), онҳо бо пектин бо ҳисоби ҳамкориҳои электростатикӣ комплексо ташкил медиҳанд. Чунон ки аз профили қачҳои тақсимои зарраҳо (расми 4) бармеояд, ҳангоми таносуби LgsC/P 3:1, шумораи ҳадди аксари микро- ва нанозарраҳо ташкил мешавад, ки зиёда аз 67 % ҳаҷми умумии зарраҳоро бо қуллаи ҳадди аксар дар андозаи 1.5 мкм дар бар мегирад. Дар ҳолате, ки ҳиссаи протеин дар система зиёд мешавад, қуллаи ҳадди аксар ба минтақаи зарраҳои қалонтар — 2.5 мкм — бо популятсияи умумии зарраҳо 42 % барои таносуби LgsC/P 5:1 ҷой иваз мекунад.

15

аз 6.80 то 4.95 ба андозаҳои зарраҳои эмулсия таъсир накардааст, ки ин нишон медиҳад, ки механизми дигаре, ғайр аз электростатикӣ, дар устуворсозии эмулсия дар сатҳи эмулсияи дуумдараҷа нақш дорад.



Расми 5. - Качхатҳои тақсими макро- ва нанозарраҳо дар системаи эмулсияи лактоглобулин ва пектини себ, ки дорон равшани эфирии лаванда дар pH (LgsC)=4.95: LgsC/P 2:1 (хати кабуд); LgsC/P 3:1 (хати сард) ва 10:1 (хати сабз)

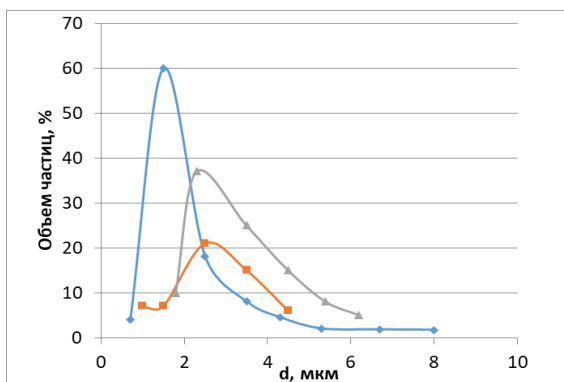
Тибқи маълумоти дар расми 5 овардашуда, ҳиссаи асосии зарраҳои эмулсионӣ ҳангоми таносуби биополимерҳо $LgsC/P = 2:1$ дар қуллаи 1.5 мкм мутамарказ буда, аз 32 % шумораи умумиро ташкил медиҳад. Дар ҳолати таносуби 3:1, шумораи бештари зарраҳо дар андозаи 2.5 мкм (21 %) мушоҳида мешавад, дар ҳоле ки ҳангоми $LgsC/P = 10:1$ қуллаи тақсимо ба 3.5 мкм рост меояд ва ҳиссаи 22.5 %-ро ташкил медиҳад.

Ин таҳқиқот нишон дод, ки таъири pH-и эмулсияи ибтидоӣ аз 6.8 то 4.95 ба ташаккули комплекси LgsC бо пектини себии баландметилшуда таъсири ночиз мерасонад, ва арзиши оптималии pH барои ин система байни ин ду арзиш ҷойгир аст. Дар ҳамин ҳол, ҳангоми интиҳоби таносуби биополимерҳо, арзиши беҳтарин таносуби LgsC/P баробари 3:1 мебошад.

Дар ҳолати сеюм, вақте ки заряди сатҳи эмулсия мусбат аст ($pH = 3.6$), микрозарраҳо бо андозаи ҳадди ақали 2 мкм барои LgsC/P 3:1 ва LgsC/P 5:1 ташкил мешаванд. Барои LgsC/P 5:1 арзиши диаметри миёнаи зарраҳо ($d_{4,3}$) 5.03 мкм ва барои LgsC/P 3:1 ин

арзиш 4.37 мкм-ро ташкил медиҳад. Дар ҳарду ҳолат тақсимои зарраҳо мономодалӣ мебошад.

Дар расми 6 қачхаттаҳои тақсимои микро- ва нанозарраҳо дар



системаи эмульсионии лактоглобулин ва пектини себӣ, ки равғани эфирии лавандаро бо таносуби LgsC/P баробари (3:1) ва pH-и гуногун дар бар мегирад, пешниҳод шудаанд.

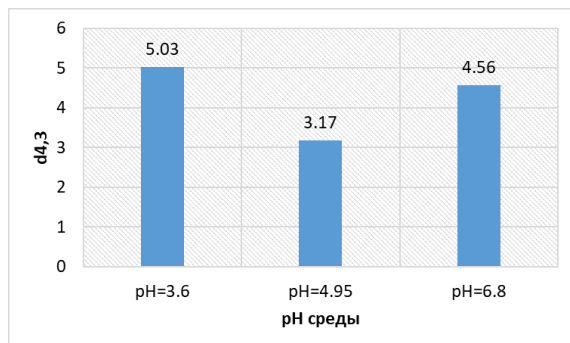
Расми 6. - Қачхаттаҳои

тақсимои микро- ва нанозарраҳо дар системаи эмульсионии лактоглобулин ва пектини себ дорои равғани эфирии лаванда дар таносуби LgsC/P (3:1) ва pH гуногун: 6.8 (хати кабуд); 4.95 (хати сурх) ва 3.6 (хати сабз)

Камшавии pH-и муҳит ба зиёдшавии диаметри миёнаи зарраҳо ва васеъшавии диапозони тақсимои онҳо оварда мерасонад (расми 5). Ҳангоми pH баробари 6.8 система бо тақсимои танг ва бартарии зарраҳои хурд тавсиф мешавад, ки ба дараҷаи баланди дисперсият ва устувории эмульсия ишора мекунад. Бо зиёд шудани туршии муҳит тақсимои ба тарафи зарраҳои калонтар ҳаракат мекунад ва камтар якхела мегардад, ки ба паст шудани устуворӣ ва эҳтимоли агрегатсияи зарраҳо ишора мекунад.

Барои тасвир намудани вобастагии диаметри миёна d_{43} ва ҳиссаи ҳаҷмии зарраҳои β -лактоглобулин аз сатҳи кислотнокӣ муҳит (pH) дар расми 7 гистограммаи мувофиқ оварда шудааст. Коркарди маълумоти таҷрибавӣ мавҷудияти ҳадди ақалли возеҳро барои диаметри миёнаи зарраҳо дар pH = 4.95 ошкор кард, ки дар он андоза ба хурдтарин арзиш — 3.17 мкм мерасад. Ҳангоми тағйир додани арзиши pH ба тарафи муҳити ишқорӣ (то 6.80) ё муҳити турштар (то 4.00) зиёдшавии диаметри миёнаи зарраҳо то

4.56 мкм ва 5.03 мкм мутаносибан мушоҳида мешавад, ки ба ҳассосияти система нисбат ба тағироти кислотнокии муҳит ишора мекунад.

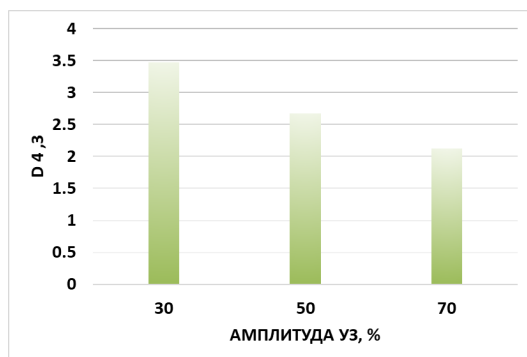


Расми 7. - Диаметри миёна ва ҳиссаи ҳаҷмии (d_{4,3}) микрокапсулаҳо дар таносуби 3:1 аз pH

Ҳамин тариқ, хусусиятҳои пешакии бадастомадаи

микрокапсулаҳо бозътимод, хусусиятҳои системаи таҳқиқшавандаро инъикос мекунанд ва арзиши амалӣ доранд. Таҳлили тақсими андозаи зарраҳо нишон дод, ки дар шароити гузаронидани таҷриба муваффақ гардиданд, ки композитсияҳои эмулсионӣ ташкил кунанд, ки ҳам нанокапсулаҳо ва ҳам макрокапсулаҳоро бо диаметри миёнаи пасттар дар бар мегиранд, ки пайвастагии биологӣ фаъол — рағғани эфириро дар бар мегирад.

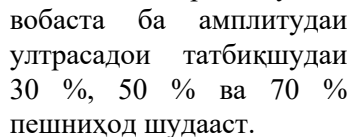
Қисми 3.5.4 ба таъсири амплитудайи ултрасадо ба устуворӣ ва андозаи микрорарраҳо баҳшида шудааст. Эмулсияҳо бо истифодаи экстракти оби лаванда ба даст оварда шуданд.



Дар расми 8 қачхатҳои тақсими микрорарраҳо дар системаи эмулсионии лактоглобулин ва пектини себӣ, ки РЭ лавандаи баргборикро Расми 8. - Қачхатҳои тақсими микро- ва нанозарраҳо дар системаи эмулсияи лактоглобулин ва пектини себ, ки дорои рағғани эфирини лаванда дар

зери таъсири ултрасадои амплитудаҳои гуногун мебошанд: 30% (хати сурх), 50% (хати сиёҳ) ва 70% (хати кабуд)

Дар расми 9 диаметри миёна $d_{4,3}$ ва ҳиссаи ҳаҷмии макрокапсулаҳо



Чунон ки аз расми 9 дида мешавад, бо зиёд шудани қувваи ултрасадо андозаҳои зарраҳои эмулсионӣ тадриҷан коҳиш меёбанд ва арзиши ҳадди ақали $d_{4,3}$ метавонад дар амплитудайи 70 % таъсири ултрасадоӣ ба микрозарраҳои эмулсионӣ ба даст оварда шавад. Бештар зиёд кардани амплитудайи ултрасадо аз нуктаи назари истеъмоли энергия мақбул набуд.

Қисми 3.6 хосиятҳои антиоксидантии равғани эфирии лавандаро инъикос мекунад. Равғане, ки аз қитъаи ИБФРГ АМИТ ба даст омадааст, ҳангоми маҳлулсозӣ ба таносуби 1:10 ҳадди аксари хосиятҳои антиоксидантиро нишон медиҳад. Ҳангоми маҳлулсозии минбаъда то 1:100 фаъолияти антиоксидантии равған кам мешавад. Барои намунаи дигар — ИЗП АМИТ, фаъолияти антиоксидантӣ

ҳангоми маҳлулсозӣ бо таносуби 1:50 ба ҳадди аксар мерасад ва он ба 46.64 баробар аст. Бо маҳлулсозии минбаъда фаъолияти антиоксидантии рағван коҳиш меёбад.

Фаъолияти антиоксидантии эмулсияҳо дар асоси рағвани эфирии лаванда (бо таносуби LgsC/P(LO) 5:1) дар ду варианти коркарди ултрасадоӣ — то илова кардани пектин ва баъд аз он — таҳқиқ карда шуд (ҷадвали 3).

Ҷадвали 3. - Натиҷаҳои фаъолияти антиоксидантии (ФАО) LgsC/P(LO) 5: 1 микро- ва нанокапсулаҳо пеш ва пас аз табобати ултрасадо

Намуна	Серобкунӣ	Abs намуна (517 nm)	Abs назоратӣ (517 nm)	ФАО, %
LgsC/P(LO) 5:1 УЗ до	1:10	0.3353	0.14675	-
	1:50	0.1646	0.14675	-
	1:100	0.1326	0.14675	9.64
	1:200	0.1256	0.14675	14.41
LgsC/P(LO) 5:1 УЗ пасле	1:10	0.2113	0.14675	-
	1:50	0.1266	0.14675	13.73
	1:100	0.1153	0.14675	21.43
	1:200	0.139	0.14675	5.28

Дар варианти аввал афзоиши тадриҷии ФАО ҳангоми маҳлулсозӣ мушоҳида гардид, ки дар таносуби 1:200 ба 14.41 % расид. Дар варианти дуюм афзоиши тез дар фаъолият ҳангоми 1:100 (21.43 %) мушоҳида шуд, ки тақрибан 50 % баландтар аз ҳадди аксари пеш аз коркард мебошад. Ин афзоиш бо тақсимои яхелаи компонентҳои биоактивӣ, хурд шудани андозаи зарраҳо ва зиёд шудани сатҳи тамоси байнифазаӣ вобаста аст, ки ҳамкориҳо бо DPPH таъйин мебахшад.

Ҳамин тариқ, коркарди ултрасадоӣ ба зиёд шудани фаъолияти антиоксидантии эмулсия мусоидат мекунад, махсусан ҳангоми маҳлулсозии оптималӣ, ки потенциали онро ҳамчун ҷузъи функционалии ғизоӣ бо хосиятҳои антиоксидантӣ тасдиқ мекунад.

Бахши 3.7 ба фаъолияти бактерисидии рағвани эфирии лаванда микро- ва наноэмулсияҳои эмулсионӣ рабт дорад. Баҳодиҳии фаъолияти бактерисидӣ бо усули ченкунии диаметри

минтақаи боздошти афзоиши микроорганизмҳо (дар мм) баъди ворид намудани маводи таҳқиқшаванда ба муҳити ғизой, ки бо штаммҳои мувофиқ кошта шуда буд, гузаронида шуд. Ҳузури афзоиши микробҳо дар наздикии минтақаи воридкунии мавод далели муқовимати микроорганизм ба таъсири он мебошад (ҷадвали 4).

Ҷадвали 4. - Омӯзиши ҳосиятҳои бактерисидии микрокапсулаҳои эмулсионии лаванда нисбат ба штаммҳои микробӣ ва замбӯруғҳои хамиртурушӣ

Номгуӣ	Минтақаи боздошти афзоиши микробҳо (дар мм)				
	Staph. epiderm.	Staph.aureus	E.coli	Klebsiella	Замбӯруғҳои хамиртурушӣ
LgsC/P(LO)	11	7	10	13	16
ЭМЛ-Н ₂ O	6	0	2	7	5

Чунон ки аз маълумоти пешниҳодшудаи ҷадвали 4 дида мешавад, рағғани эфирии лавандаи баргборик дар шакли соф ба намояндагонии таҳқиқшудаи микроорганизмҳо — *Staph. Aureus* — ҳосиятҳои бактерисидӣ суст ё умуман нишон намедиҳад ва таъсири суст ба *Klebsiella*, *Staph. Epidermidis* ва штаммҳои замбӯруғҳои хамиртурушӣ дорад. Аммо рағғани эфирии капсулашуда дар шакли микро- ва наноэмулсияҳо нисбат ба ҳамаи намудҳои бактерияҳои таҳқиқшуда ҳассосият нишон дод. Тибқи маълумоти ҷадвали 4, эмулсияи LgsC/P(LO) ҳангоми серобкунии (1:50) ҳосиятҳои бактерисидӣ нисбат ба микроорганизмҳои *Klebsiella* ва *Staph. Epidermidis* нишон дод. Штаммҳои замбӯруғҳои хамиртурушӣ низ ба микрокапсулаҳои эмулсионии рағғани эфирӣ ҳассос буданд.

Барои таҳқиқоти минбаъдаи ҳосиятҳои зиддимикробӣ намунаҳо бо микдори зиёди рағғани эфирии лаванда — 3 ва 4 мл — чудо карда шуданд, ки фраксияҳои кремӣ (микрочаститсаҳо) ва поёнӣ (наночаститсаҳо) омӯзиш шуданд. Фаъолияти зиддимикробӣ ҳангоми серобкунии 1:50 ва 1:100 дар ҷадвали 5 оварда шудааст. Бар асоси таҳқиқоти бактериологӣ муайян карда шуд, ки микро- ва нанокапсулаҳои рағғани эфирии лаванда, новобаста аз дозаи истифода, ҳосиятҳои возеҳи бактерисидӣ ($P < 0,05$) нисбат ба *Streptococcus spp.*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella* ва *E.coli* доранд.

Чадвали 5. - Омӯзиши хосиятҳои бактерисидии микро- ва нанокapsулаҳои эмулсионии лаванда нисбат ба штаммҳои микробӣ ва замбӯруғҳои хамиртурушӣ

Навъи микробҳо	Минтакаи боздошти афзоиши микробҳо (дар мм)							
	(3:1)3-микро [1:50]	(3:1)3-микро [1:100]	(3:1)3-нано [1:50]	(3:1)3-нано [1:100]	(3:1)4-микро [1:50]	(3:1)4-микро [1:100]	(3:1)4-нано [1:50]	(3:1)4-нано [1:100]
Staph.epidermi d.	7	0	14	13	10	9	8	0
Staph.aureus	9	12	13	10	15	10	10	0
Streptococcus SPP	30	22	27	19	25	26	27	22
E.coli	28	30	11	7	20	30	18	10
Klebsiella	20	17	10	0	18	0	17	10
Proteus vulgaris	19	20	16	17	24	18	17	17
Pseudomon. Aeruginosae	20	11	12	0	0	5	0	0
Замбӯруғҳои хамиртурушӣ	28	26	0	0	0	0	15	0

Изолятҳои *E.coli* ба микрокапсулаҳои (3:1)3 ҳангоми серобкуни 1:50 ва 1:100 ҳассос буданд. Намунаи (3:1)3-микро (1:50) ба таври назаррас афзоиши *Klebsiella*, *Pseudomonas aeruginosa* ва хамиртуруши занбӯруғҳоро бозмедошт, дар ҳоле ки нанокapsулаҳо таъсири заифтар нишон доданд ($P<0.1$). Намунаҳои нанокapsулаҳои (3:1)3-нано бо серобкунии 1:50 ва 1:100 ва микрокапсулаҳои (3:1)4-микро бо серобкунии 1:50 фаъолияти зидди *Staph. epidermidis* ва *Staph. aureus* нишон доданд. Барои намунаи (3:1)3-микро ҳангоми маҳдӯлҳои аз 1:50 то 1:100 фаъолият нисбати *Staph. aureus*, *E.coli* ва *Proteus vulgaris* зиёд шуд.

ХУЛОСАҶО

1. Таҳқиқоти мазкур нишон дод, ки ҳосили рағғани эфирии лаванда, ки дар шароити гуногун мерӯяд, фарқ мекунад: 1.25 % барои лавандае, ки дар қитъаи ИБФРГ парвариш шудааст, ва 0.8 % барои лавандае, ки дар қитъаи ИЗП АМИТ мерӯяд [6-М, 7-М, 24-М].
2. Намунаҳои бадастомадаи рағғани эфирии лаванда фарқиятхоро дар зичӣ ва нишондиҳандаи шикастнопазирии нур нишон доданд. Ин маълумот аҳамияти маълумотномавӣ дорад ва метавонад ҳангоми омода кардани мақолаҳои фармакопейавӣ ва инчунин барои истифодаи минбаъдаи рағғанҳо дар амалияи тиббӣ истифода шавад [4-М, 16-М, 25-М].
3. Бар асоси натиҷаҳои ИС-Фурйе спектрҳои ҳар ду намунаи таҳқиқшуда ба категорияи рағғанҳои эфирии табиӣ, бо профили химиявии ҳоси лаванда, ки доираи васеи терпенҳо ва эфирҳои мураккабро дар бар мегирад, мансуб дониста шуданд. Ин имконияти истифодаи онҳоро барои арзёбии сифати рағған тасдиқ мекунад.
4. Таҳлили таркиби химиявии рағғанҳои эфирии лаванда, ки дар қитъаҳои гуногун мерӯяд, фарқиятҳои назаррас дар таркиби ҷузъхоро ошкор кард. Дар намунаи қитъаи ИБФРГ АМИТ 64 ҷузъ муайян карда шуд, ки асосӣ аз онҳо линалоол (33.27 %) ва линалилатсетат (21.01 %) мебошанд. Дар намунаи қитъаи ИЗП АМИТ 139 ҷузъ муайян карда шуд, ки дар байни онҳо линалоол (22.58 %), линалилатсетат (10.37 %), инчунин микдори назарраси терпенеол (6.42 %), 1,2-оксалиналол (5.34 %), эвкалиптол (2.63 %) ва барнеол (2.17 %) низ ҳастанд [2-М, 8-М, 11-М].
5. Усули ба даст овардани микро- ва нанокапсулаҳои эмулсионӣ барои ҳифзи ҳосиятҳои рағғани эфирии лаванда таҳия карда шуд. Нишон дода шуд, ки эмулсияҳои рағғани эфирии лаванда, ки бо комплекси дукабатаи лактоглобулин ва пектини себӣ (LgsC/P) устувор карда шудаанд, дар давоми 14 рӯз дар ҳарорати нигоҳдорӣ 10–20°C устувор мемонанд [15-М].
6. Муайян карда шуд, ки андоза ва устувории зарраҳои эмулсия аз рН муҳит ва таносуби компонентҳои LgsC/P вобастаанд. Шароити беҳтарин инҳоянд: рН эмулсияи ибтидоӣ = 6.8 ва таносуби LgsC/P = 3:1, ки дар он зарраҳои устувори микро- ва

нано бо андозаи ҳадди ақал (аз 500 нм то 4.6 мкм) ташкил мешаванд [5-М].

7. Истифодаи усули ултрасадо ба устуворшавии эмулсия бо ташаққули зарраҳои бо диаметри хурдтарин ва тақсимои мономодалӣ мусоидат мекунад. Арзиши ҳадди ақали $d_{4,3}$ дар амплитудаи 70 % таъсири ултрасадоӣ ба микрозарраҳои эмулсионӣ ба даст оварда мешавад [1-М, 15-М, 23-М].
8. Равғани эфирӣ бадастомадаи лаванда дараҷаи миёнаи фаъолияти антиоксидантиро нишон дод; муайян карда шуд, ки ҳангоми маҳлулсозӣ то 50 ва 100 маротиба ҳосиятҳои антиоксидантӣ зиёд мешаванд.
9. Наноэмулсияҳо нисбат ба микроэмулсияҳо фаъолияти зиддимикробии возеҳтар ва устувортарро нишон медиҳанд, махсусан ҳангоми маҳлулсозӣ 1:50. Эффементи ҳадди аксар нисбат ба бактерияҳои патогенӣ навъи *Streptococcus spp.*, *Proteus vulgaris* ва *E.coli* қайд карда шуд, ки онҳоро барои таҳияи воситаҳои антисептикии маҳаллӣ умедбахш мегардонад.

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо

Равғанҳои эфирӣ, ки аз гиёҳҳои шифобахш ба даст оварда шудаанд, ба шарофати доираи васеи ҳосиятҳои ғоиданоки худ дар байни моддаҳои фаъоли биологӣ ва табиӣ ҷойи муҳимро ишғол мекунанд. Бо вучуди ин, бинобар идоранашавандагӣ ва ноустувории таркиби кимиёвӣ, равғанҳои эфирӣ ба зудӣ зери таъсири омилҳои беруна вайрон мешаванд.

Ташаққули микро- ва наноэмулсияҳо, ки бо биополимерҳо устувор гардонида шудаанд, як ҳалли инноватсионӣ ба ҳисоб меравад, ки на танҳо имкон медиҳад фаъолияти биологӣи равған ҳифз карда шавад, балки ҳалшавандагӣ, биодастрасӣ ва устувории онро нисбат ба таъсироти беруна беҳтар мегардонад.

Таҳлили таркиби химиявии равғанҳои эфирӣи лаванда, ки дар китҳои гуногун парвариш карда мешавад, фарқиятҳои назаррасро дар таркиби ҷузъҳои онҳо нишон дод. Дар байни онҳо, линалоол ҳамчун ингредиенти фаъолтарин бар зидди микроорганизмҳо нишон дода шудааст.

Ғайр аз он, талабот ба равғанҳои эфирӣ ҳамчун консервантҳои ғизоӣ аз сабаби таъсири биологӣи онҳо бар зидди микроорганизмҳои ғизо меафзояд.

РЭ лаванда дорои хосиятҳои антиоксидантӣ ва зиддимикробӣ мебошад. Ин фаъолияти биологӣ аз монотерпенҳои оксигендори он ба монанди линалоол, линалил атсетат, лавандулил атсетат, 1,8-синеол ва камфора вобаста аст.

Нишон дода шуд, ки эмулсияҳои рағғани эфирии лаванда, ки бо маҷмӯи дукабатаи лактоглобулин ва пектини себӣ (LgsC/P) устувор карда шудаанд, дар давоми 14 рӯзи нигоҳдорӣ дар ҳарорати қорӣ 10–20°C нисбатан устувор боқӣ мемонанд. Қорӣ намудани ин технологияҳо ба баланд шудани биодастрасии компонентҳои фаъол ва зиёдшавии устувории системаҳои эмулсионӣ мусоидат мекунад.

Дар хотима, бояд қайд кард, ки капсулатсияи РЭ лаванда алтернативаи умедбахш барои баланд бардоштани устуворӣ ва нигоҳ доштани фаъолияти биологӣ он мебошад. Микро- ва нанокапсулаҳои эмулсионии РЭ дар асоси комплекси LgsC/P дар татбиқи маҳаллӣ, махсусан бар зидди коккҳои грам-мусбӣ ва бактерияҳои грам-манфӣ инфиродӣ самаранокӣ умедбахшро нишон доданд. Аз сабаби хосиятҳои фармакологӣ худ, РЭ лаванда метавонад дар саноати фармасевтӣ татбиқи васеъ пайдо кунад, аз ҷумла ҳамчун агентҳои дорои таъсири бактериявӣ, зидди илтиҳобӣ, зидди вирусӣ ва зидди замбӯруғӣ.

РҶҲАТИ АДАБИЁТ ДАР МАВЗҶИ РИСОЛAI ИЛМӢ

I. Мақолаҳо дар маҷаллаҳо, ки дар пойгоҳи байналмиллалӣ индексатсия шудаанд (*Web of Science*, *Scopus* ва нашрияҳои хориҷӣ)

[1-M] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные микро- и нанокапсулы в системе LgC /пектин с эфирным маслом лаванды (*Lavandula angustifolia*), стабилизированные ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Г.А. Кодирова, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2024. - Т.14, № 4, С. <https://vuzbiochemi.elpub.ru/jour/author/submissionReview/1110>.

[2-M] Alieva S. R. (Alizoda Sh.R.). Chemical composition of lavender essential oil growing in Tajikistan/ S.R. Alieva (Sh.R. Alizosa), Z.U. Sherova, S.S. Mamadshoeva, S.R. Usmanova, Z.K. Muhidinov and S. Mou. // B PHARMJ. – 2024. – Vol. 4, issue 2, P. 247–249. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10682742> LgC/пектин с эфирным маслом лаванды *Lavandula angustifolia*, стабилизированные ультразвуком / Ш.Р. Алиева, Г.А. Кодирова, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2024. - Т.14, № 4. - С. 482-494. <https://doi.org/10.21285/achb.944>

II. Мақолаҳо дар нашрияхои дигаре, ки аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд

[3-М] Ализода Ш.Р. Оценка качества эфирных масел лаванды с помощью ИК-Фурье спектроскопии / Ш.Р. Ализода, А.И. Ашуров, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных и геологических наук. – 2025. – Т. № 2 (47). – С. 59-69.

[4-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Анализ физических показателей эфирных масел лекарственных растений Таджикистана, полученных различными методами / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. – 2023. - № 4. – С. 223-234.

[5-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и макрокапсулы эфирного масла лаванды / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных наук. – 2023. – Т. 1. - № 1 (29). – С. 84-91.

[6-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Пищевые консерванты на основе эфирные масла растений Таджикистана / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, З.К. Мухидинов // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – Т. 4-2. - № 51. – С.10-15.

[7-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Методы экстракции эфирных масел и их применение (обзорная статья) / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода) // Вестник филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, серия естественных наук. – 2022, - Т. 1. – №4. – С. 31-40.

III. Рӯйхати корҳо дар маҷаллаҳои конфронси байналмилалӣ

[8-М] Ализода Ш.Р. Компонентный состав эфирного масла лаванды, произрастающей в различных условиях Таджикистана / Ш.Р. Ализода, Г.С. Кодирова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // Материалы V Международной научно- практической конференции Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий. – Кемерово. – 2025. – С. 22-26.

[9-М] Ализода Ш.Р. Состав эфирного масла *Lavandula Angustifolia*, культивируемой на экспериментальном участке / Ш.Р. Ализода, С.С. Мамадшоева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // Маводи конференсии илмӣ – амалии байналмилалӣ бахшида ба “Амалисозии стратегияи рушди илмҳои дақиқ ва риёзӣ барои солҳои 2020-2040 ва барномаи давлатии мақсадноки рушди илмҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ барои солҳои 2021-2025”. Бахшида ба рӯзи илми тоҷик таҳти унвони “Технология ва инноватсия дар амалигардонии стратегияи рушди илм ва

техника” (сахми рушди илмҳои риёӣ, дақиқ ва табиӣ дар пешрафти соҳаи саноат ва хизматрасонӣ) (26 майи 2025 с.). – Хучанд. – 2025. – С. 377-382.

[10-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и микрокапсулы эфирного масла лаванды, стабилизированные полисахарид-белковым комплексом и ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник статей Международной научной конференции «Развитие новых направлений в науке: современное состояние и перспективы» (25-26 октября 2024 г.). – Душанбе. – 2024. – С. 102-106.

[11-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Химический состав эфирного масла лаванды, произрастающей в Таджикистане / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.С. Мамадшоева, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник статей VI международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии», посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» (2020-2040гг.), 90-летию д.х.н., профессора Якубова Х.М. и памяти д.х.н., профессора Юсуфова З.Н., 75-летию и 53-летию научно-педагогической деятельности д.х.н., профессора Рахимовой М. (15-16 мая 2024 г.), Душанбе-2024. с. 147-152.

[12-М] Alieva Sh.R. (Alizoda Sh.R.). Chemical composition of lavender essential oil growing in Tajikistan / Sh.R. Alieva (Sh.R. Alizoda), Z.U. Sherova, S.S. Mamadshoeva, S.R. Usmanova, Z.K. Mihidinov, Mou Shuyong // Nomli ilmiy-amaliy konferensiyasi «Farmatsevtik texnologiyaning zamonaviy yutuqlari va istiqbollari», Tashkent, Uzbekistan, February 22, 2024. Pp. 247-249.

[13-М] Alieva Sh.R. (Alizoda Sh.R.). Macro- and nanocapsules of essential oil in the protein/pectin system stabilized by ultrasound / Sh.R. Alieva (Sh.R. Alizoda), G.A. Kodirova, J.T. Bobokalonov, Z.U. Sherova, Z.K. Muhidinov // ACS Fall 2023, August 13-17, 2023, in San Francisco, CA., USA.

[14-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антиоксидантная активность эмульсионных нано- и макрокапсул эфирных масел / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, С.Р. Усманова, Г.А. Кодирова, Ф.С. Шаропов, З.К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения». Душанбе, 2023, стр. 134-139.

[15-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные нано- и микрокапсулы эфирных масел стабилизированных лактоглобулином молочной сыворотки и яблочным пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Г.А. Кодирова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2023», 21-23 марта 2023. – Минск, Республика Беларусь. – С. 152-156.

[16-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Некоторые физические параметры эфирных масел горных трав Таджикистана / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, Ш.Ё. Холов, З.К. Мухидинов // III междн. Конференции «Развитие химической науки и

области их применения» посвящ. 80-летию член-корр. НАНТ, профессора Кимсанова Б.Х., 10-ноября 2021. – Душанбе. –С. 61-66.

[17-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антибактериальное действие наночастиц серебра, стабилизированных пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Х.Б. Кабков, З.К. Мухидинов, З.Хужагельдиева, Ф.Тишкова // Материалы международной конференции «Актуальные вопросы биологической безопасности в современных условиях», Душанбе, 22-23 сентября 2021. стр. 44-45.

[18-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Профилактические продукты на основе пектина / З.У. Шерова, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова // II международная научно-практическая конференция «Роль женщин-учёных в развитии науки, инноваций и технологий», 16-20 августа 2021. – Гулистан, 2021. – С. 188-194.

[19-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция и антибактериальные свойства эфирных масел лаванды, выращенной в условиях Республики Таджикистан / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова // II международная научно-практическая конференция «Роль женщин-учёных в развитии науки, инноваций и технологий», 16-20 августа 2021. – Гулистан, 2021. – С. 158-161.

[20-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Микрокапсулы на основе белка серицина и яблочного пектина с антиоксидантной активностью / З.У. Шерова, С.Р. Усманова, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), Мухидинов З.К. // XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, 17-18 декабря 2020. – Российская Федерация, Саратов, 2021. – 802-808. ID:44651505

IV. Рӯйхати корҳо дар маҷаллаҳои конфронси ҷумҳуриявӣ

[21-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эфирное масло лаванды: химический состав и применение / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.С. Мамадшоева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов, Mou Shuyong // «Саҳми занон дар рушди илм», Душанбе, Таджикистан, 21 февраля 2024.

[22-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Антибактериальные свойства эмульсионных нано- и макрокапсул эфирного масла лаванды (*lavandulaangustifolia*), стабилизированных лактоглобулином и яблочным пектином / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.К. Мухидинов, Ф.М. Тишкова // Материалы научно-практической конференции (69-й годичной) с международным участием, «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», Душанбе 2021, Том 2, стр. 680.

[23-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Эмульсионные микрокапсулы в системе белок/пектин с эфирным маслом лаванды узколистной (*lavandula angustifolia*) стабилизированным ультразвуком / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы научно-практической конференции (69-й годичной) с международным участием,

«Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», Душанбе 2021, Том 2, стр. 679.

[24-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция эфирных масел некоторых лекарственных растений Таджикистана гидродистилляцией и дистилляцией водяным паром / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К.Мухидинов // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумоновские чтения «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября 2021 г., стр. 117-121.

[25-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Анализ физических параметров эфирных масел лекарственных растений Таджикистана, полученных разными методами / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.У. Шерова, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, З.К.Мухидинов // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумоновские чтения «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября 2021 г., стр. 114-117.

[26-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Характеристика олигосахаридов из растений *E. Hissaricus* ИК-спектроскопией / А.А. Ашуров, Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), З.К. Мухидинов // Материалы научно-практической конференции «XI Ломоносовские чтения». Душанбе, 2021, стр. 38-42.

[27-М] Алиева Ш.Р. (Ализода Ш.Р.). Экстракция эфирного масла Лаванды дистилляцией паром и гидродистилляционным методом / Ш.Р. Алиева (Ш.Р. Ализода), С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки» с участием международных организаций, 10 декабря 2020 г, г. Душанбе, РТ, стр. 23-24.

АННОТАЦИЯ

На автореферат диссертации **Ализода Шахнозабону Раджабек** на тему
“Микро- и наноэмульсии на основе эфирного масла лаванды,
стабилизированные биополимерами” на соискание соискание учёной
степени доктора философии (PhD) доктор по специальности 6D060600 –
Химия (6D060606 – Высокомолекулярные соединения)

Ключевые слова: эфирное масло лаванды, гидродистилляция, газовая хроматография-масс-спектрометрия, ИК-спектроскопия, эмульсионные микрокапсулы, антиоксидантные свойства, бактерицидные свойства.

Цель работы: разработка микро- и наноэмульсий эфирного масла лаванды, стабилизированных биополимерами и изучение их антиоксидантных и бактерицидных свойств, для эффективного применения.

Методы исследования: дистилляция с водяным паром и гидродистилляция с применением аппарата Клевенджера, газовая хромато-масс-спектрометрия, ИК-Фурье спектроскопия, микроскопические методы исследования, ультразвуковую обработку др.

Научная новизна работы: изучены и найдены оптимальные условия выделения ЭМ лаванды методом гидродистилляции; впервые проведён анализ химического состава ЭМ лаванды собранной с двух различных опытных участков на территории Республики Таджикистана; разработан метод формирования наноэмульсий ЭМ лаванды, стабилизированных двухстадийным покрытием из лактоглобулина и пектина с минимальными размерами частиц, высокой степенью устойчивости; определен размер микро- и наночастиц и рассчитан их диаметр как средневзвешенный по объёму средней диаметр - $d_{4,3}$; оптимизировано условие целенаправленного управления размерами микрочастиц путем изменения pH и соотношения биополимеров; показано, что полученные микро- и наночастицы с инкапсулированным ЭМ лаванды обладают антиоксидантными и бактерицидными свойствами.

Практическая ценность и реализация результатов: Разработанные методики формирования микро- и наноэмульсий ЭМ лаванды, представляют собой значимый вклад в область создания инновационных продуктов, востребованных в фармацевтической, пищевой и косметической промышленности. Внедрение данных технологий способствует повышению биодоступности активных компонентов и увеличению стабильности эмульсионных систем.

Публикации: По результатам исследования опубликовано 27 научных работ, в том числе 1 статья в журнале международной базы «Scopus», 6 статей в журналах из Перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации. Основные результаты работы доложены на 7 республиканских и 13 международных конференциях.

Область применения: фармацевтическая и пищевая промышленности.

РЕФЕРАТ

оид ба рисолаи илмӣи Ализода Шаҳнозабону Рачабек дар мавзӯи «Микро ва наноэмулсияҳо дар асоси рағғани эфирии лаванда, ки бо биополимерҳо устувор карда шудаанд», барои дарёғти унвони доктори фалсафа (PhD) аз аз рӯи ихтисоси 6D060600 - Химия (6D060606 – Пайвастаҳои фаромолекулий).

Ҳадафи таҳқиқот таҳияи микро- ва наноэмулсияҳои рағғани эфирии лаванда (РЭ), ки аз ҷониби биополимерҳо устувор карда шудаанд ва омӯхтани хосиятҳои антиоксидантӣ ва зиддибактериявӣи онҳо барои татбиқи амалӣ.

Калидвожаҳо: рағғани эфирии лаванда, гидродистиллятсия, хроматографияи газӣ - массспектрометрия, спектроскопияи ИС, микрокапсулаҳои эмулсия, хосиятҳои антиоксидантӣ, хосиятҳои зиддибактериявӣ.

Усулҳои таҳқиқот: Рағғани эфирии (РЭ) Лаванда бо роҳи гидродистиллятсия бо истифода аз дастгоҳи Клевенчер ба даст оварда шуд, таркиби химиявӣи он бо усули хроматографияи газ-масс-спектрометрӣ (ХГ-МС), спектроскопияи ИС-и Фуриё (FTIR) ва бо ёрии усулҳои таҳқиқоти микроскопӣ андозаи микро- ва нанозаррачаҳо дар эмулсия таҳлил карда шуд, бо роҳи коркарди ултрасадо нигоҳдории онҳо устувор карда шудааст.

Навгониҳои илмӣ: Бори аввал таркиби РЭ, ки аз ду минтақаи гуногуни Тоҷикистон сабзонда шудааст муқоиса карда шуд. Усули тайёр кардани наноэмулсияҳо тавассути устуворкунӣ дар думарҳила бо лактоглобулин ва пектин таҳия карда шуд, ки дар натиҷа андозаи минималии зарраҳо ба даст оварда шуд. Диаметри миёнаи заррачаҳои аз рӯи ҳаҷм ҳисобшуда ($d_{4,3}$) муайян карда шуд ва шароит барои назорати андозаи микрозарраҳо тавассути танзими рН ва таносуби полимерҳо оптимизатсия карда шуданд. Микро- ва нанозаррачаҳои ба даст овардашуда, ки РЭ лавандаро рӯйпӯш мекунанд, хосиятҳои антиоксидантӣ ва фаъолияти баланди зиддибактериявиро нишон доданд.

Аҳамияти амалӣ дар татбиқи эҳтимолии системаҳои таҳияшудаи микро- ва наноэмулсия дар саноати дорусозӣ, ҳӯрокворӣ ва косметикӣ мебошад, зеро онҳо устуворӣ ва дастрасии биологӣи ҷузъҳои фаъолро дар организм баланд мебардоранд.

Наشريҳо: Натиҷаи ин кор дар 27 мақолаи илмӣ, аз ҷумла як мақолаи дар маҷаллаи маҳзани байналмиллалӣи Scopus, 6 мақола дар маҷаллаҳои Рӯйхати Комиссияи олии аттестатсионӣи Тоҷикистон ва Русия ба табъ расида, натиҷаҳои асосӣи кор дар 13 конфронси байналмилалӣ ва 7 конфронси ҷумҳуриявӣ ва муаррифӣ шудаанд.

Соҳаҳои татбиқ: саноати дорусозӣ ва ҳӯрокворӣ.

ABSTRACT

on dissertation by Alizoda Shakhnozabonu Radzhabek, entitled “*Micro- and Nanoemulsions Based on Lavender Essential Oil Stabilized by Biopolymers*”, prepared for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Chemistry (specialty 6D060606 – High-Molecular Compounds).

The research aimed to develop micro- and nanoemulsions of lavender essential oil (EO) stabilized by biopolymers and to investigate their antioxidant and bactericidal properties for practical applications.

Keywords: lavender essential oil, hydrodistillation, gas chromatography–mass spectrometry, IR spectroscopy, emulsion microcapsules, antioxidant properties, bactericidal properties.

Methods: Lavender EO was obtained by hydrodistillation using the Clevenger apparatus, its chemical composition was analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), FTIR spectroscopy and microscopic research methods, ultrasonic treatment were applied on ceation of micro- and nonoparctels in emulsion stabilized by bilayer complex of biopolymers.

Scientific novelty of the work: For the first time, the composition of EO from two different regions of Tajikistan was compared. A method was developed for preparing highly stable nanoemulsions through two-stage stabilization with lactoglobulin and pectin, resulting in minimal particle sizes. The average volume-weighted particle diameter ($d_{4,3}$) was determined, and conditions for controlling microparticle size via pH adjustment and polymer ratio were optimized. The obtained micro- and nanoparticles encapsulating lavender EO demonstrated both antioxidant and bactericidal activity.

The practical significance lies in the potential application of the developed micro- and nanoemulsion systems in the pharmaceutical, food, and cosmetic industries, as they enhance the stability and bioavailability of active components.

Publications: The results of this work have been published in 27 scientific papers, including one article indexed in *Scopus*, six papers in journals from the List of the Higher Attestation Commission of Tajikistan and Russia, and were presented at 13 international and 7 local conferences.

Fields of application: pharmaceutical and food industries.