

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА

Институт химии им В.И. Никитина

УДК: 577.12:544.773

На правах рукописи



ШЕРОВА ЗАМИРА УМАРАЛИЕВНА

ЭКСТРАКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРИЦИНА ИЗ ШЕЛКОВЫХ ОТХОДОВ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ЕГО ОСНОВЕ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) - доктор 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.

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

Официальные оппоненты: **Рашидов Джалил** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твердого тела Таджикского национального университета

Акбаров Хамдам Икромович – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой физической и коллоидной химии Национального Университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека

Ведущая организация: ГНУ «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси»

Защита диссертации состоится «15» мая 2025 года в 09:00 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 ученого 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,
к.х.н., доцент



С.Р. Усманова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Шелкопряд Тутовника (*Bombyx mori*) продуцирует и выделяет два типа белка — фиброин и серицин.

Серицин представляет собой водорастворимый гликопротеин и составляет от 25 до 30% массы кокона. В его состав входят 18 аминокислот с полярными боковыми группами, такими как гидроксильные, карбоксильные и амино-группы, которые делают его гидрофильным белком. Он содержит большое количество серина, аспарагиновой кислоты и глицина. В своей структуре серицин является глобулярным белком, состоящим из случайно свивающихся клубков и β -листов. Молекулярная масса серицина зависит от метода его экстракции, при этом преобладающими аминокислотными группами являются серин, глицин и глутаминовая кислота и находится в диапазоне 40-400 кДа.

Серицин, являясь водорастворимым белком, получаемым из коконов шелкопряда, обладает множеством физико-химических свойств, что делает его перспективным для применения в различных областях, включая биомедицину. Эти свойства в значительной степени зависят от метода экстракции и сорта шелкопряда, что может приводить к изменениям в молекулярном весе и концентрации аминокислот. Благодаря антиоксидантному потенциалу, он активно используется в пищевой и косметической промышленности, а также в медицинских целях. Например, серицин применяется для заживления ран, стимулирования клеточной пролиферации и защиты кожи от ультрафиолетового излучения. Его антиоксидантные свойства открывают возможности для использования серицина в терапии злокачественных опухолей, а также в качестве противомикробного и противовоспалительного средства.

Согласно данным Агентства по статистике, в 1991 году в Республике Таджикистан было произведено 4528 тонн коконов. Однако к 2023 году, по информации ОАО «Пиллаи Точик», объём урожая

значительно уменьшился до 361 тонн, что указывает на заметное сокращение производства шелковичных коконов в стране.

На сегодняшний день на предприятиях по производству шёлка Республики Таджикистан лишь 10–15% коконов относятся к высшей и первой категориям. Основная часть сырья представлена коконами второго и третьего качества. Это приводит к существенному росту доли потерь шёлкового волокна при их обработке на специализированных фабриках. Уровень отходов в производственной сфере страны достигает 25–30% от общего объёма выпускаемой продукции.

Таким образом, разработка инновационной технологии переработки шёлка с извлечением из отходов новых продуктов с добавленной стоимостью — шёлковых нитей, композитных структур и клеевых составов, которые могут найти применение в различных отраслях экономики Республики Таджикистан является крайне значимым и востребованным направлением.

Связь исследования с программами и научной тематикой.

Тема диссертационной работы включена в приоритетные направления научных и научно-технических исследований в Республике Таджикистан на период 2021-2025 годы. Решение данного вопроса направлено на развитие экономики, обеспечение продовольственной безопасности страны и создание функциональных пищевых продуктов и лекарственных препаратов.

Работа проводилась в соответствии с планом 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 0116ТJ 00543).

Целью данной работы является разработка эффективного способа получения серицина, путем утилизации шелковых отходов и его характеристика для дальнейшего использования в качестве композиционного материала.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- ~разработка эффективных методов получения серицина путем утилизации шелковых отходов кокономотальных предприятий Республики Таджикистан;
- ~изучение физико-химических свойств полученного серицина;
- ~изучение молекулярной массы серицина и его молекулярно-массового распределения (ММР);
- ~разработка протеин-полисахаридного комплекса для использования как системы доставки биоактивных ингредиентов;
- ~создание транспортных систем биологически активных соединений (БАС) и пищевых нутриентов на основе серицина с полисахаридами в виде эмульсионных нано- и микрокапсул и их характеристика.

Объектами исследования являются не утилизируемые отходы шёлка, образцы серицина, полученные различными методами, яблочный пектин, полифенольные соединения, экстракт прополиса, эмульсионные микрокапсулы, и другие средства и реагенты для проведения экспериментов.

Методы исследования: В работе были использованы различные методы гидролиз-экстракции серицина из отходов шелка: традиционные методы экстракции с применением воды и соли, новые методы экстракции – флэш-метод и экстракция белка с применением ультразвука и др. методов. Характеристики объектов исследования проводились с применением современных методов, таких как высокоэффективная эксклюзионная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), ИК-Фурье спектроскопия, микроскопия, турбидиметрическое титрование, вискозиметрия и др.

Научная новизна работы.

- Разработан эффективный метод получения серицина из шелковых отходов водной экстракцией в автоклаве при высокой температуре за короткое время;
- Исследована вторичная структура серицина методом ИК-Фурье спектроскопии. Впервые установлено существование

структуры β -листа у образца из водного экстракта и структуры случайных клубков у щелочного экстракта;

- Проведён анализ молекулярной массы и гидродинамических свойств серицина в растворе методом ВЭЭЖХ. Обнаружено, что полипептиды серицина элюируются в трёх макромолекулярных популяциях, основная часть которых, приходится на вторую фракцию со средним значением молекулярной массы (M_w) 19.4 – 19.8 кДа.
- Разработаны оптимальные условия формирования стабильных микрокапсул в эмульсионной системе «масло/вода» стабилизированной комплексом серицин/пектин с инкапсулированными биологически активными соединениями (полифенольные соединения - ПФС).
- Инкапсулированные ПФС в форме эмульсионных микрокапсул показали высокую антиоксидантную активность при минимальной концентрации, что подтверждает сохранение их терапевтических свойств.

Практическая ценность и реализация результатов.

Восстановление и повторное использование серицина, обычно, отбрасываемого текстильной промышленностью, не только сводит к минимуму экологические проблемы, но также имеет высокую научную и коммерческую ценность.

На основе анализа литературных данных и результатов настоящей работы показано, что серицин может найти применение для создания новых природных биоматериалов и носителей лекарств из-за его биоразлагаемости, биосовместимости, и низкой токсичности. Они могут использоваться в качестве транспортных средств для обеспечения эффективной доставки лекарств и биоактивных веществ и для приготовления съедобных упаковок лекарственных веществ (ЛВ) и БАС для фармацевтического применения и функциональной пищи.

Соответствие темы паспорту специальности. Основная часть диссертационного исследования соответствует паспорту спе-

циальности 6D060606–Высокомолекулярные соединения по пунктам 1, 5, 8 и 9 (1... конформации, размеры и формы макромолекул, молекулярно-массовое распределение полимеров; 5. Исследование молекулярной и надмолекулярной структуры биополимеров; 8... разработка новых методов изучения физико-химических свойств и других свойств; 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).

Основные положения, выносимые на защиту.

- Разработка эффективного метода получения серицина с сохранением его качеств;
- изучение структуры и анализ молекулярной массы и гидродинамических свойств серицина в разбавленном и концентрированном растворах;
- создание оптимальных условий получения стабильных микрокапсул с минимальным размером, эффективно захватывающие БАС;
- исследование антиоксидантной активности полученных микрокапсул, содержащих БАС;
- обоснование возможности применения серицина и композитов на его основе в пищевой и фармацевтических отраслях.

Степень достоверности полученных результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена воспроизводимостью и согласованностью данных при использовании физико-химических методов анализа, с использованием современных приборов и методик и рекомендациями по применению биополимерных носителей в производстве функциональных пищевых продуктов и фармацевтических препаратов.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены, обсуждены и получили положительную оценку на региональных, республиканских и международных конференциях: III международной научной конференции «Инновационное развитие науки»,

12 октября 2024 г.; на VI международной научной конференции «Вопросы физической и координационной химии», Душанбе, 15-16 мая 2024 г.; XIII национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания», Россия, г. Саратов, 21 марта 2024 г.; IV- Школа молодых химиков государств-участников СНГ «Современные достижения химической науки и технологии», Душанбе, 25 ноября – 2 декабря 2023 г.; 31st International Conference of FFC, Yerevan, Armenia, September 29- October 1st, 2023; ACS Fall 2023, August 13-17, 2023, in San Francisco, CA., USA. www.acs.org/meetings; XII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания», г. Саратов, 17-18 декабря 2020 г.; III Международной научно-практической конференции «Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий», г. Кемерово, 28 апреля 2023 г.; V международной научно-практической конференции на тему «Современные проблемы физики и химии полимеров», Душанбе, 10 октября 2023 г.; республиканской конференции с международным участием, посвящ. 80-летию со дня рождения Т.С. Морозкиной, Минск, 29 мая 2020 г.; XIV- XIX Нумановских чтения, Душанбе 2017-2024 гг.; XII International Symposium "Actual problems of chemistry, biology and technology of natural compounds" (September 7-8, 2017 Tashkent).

Публикации. По результатам исследования опубликовано 33 печатных работ, общим объемом 12.94 п.л. (авторских – 7.0 п.л.), в том числе 4 статьи в журналах международной базы «Scopus», 9 статей в журналах из Перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации, 1 патент РТ, 15 тезисов докладов на международных и 4 тезиса докладов на республиканских конференциях.

Личный вклад автора заключается в анализе научной литературы, его участии при постановке задач по теме диссертационной работы, в непосредственном проведении экспериментальных работ, обработке, анализе и интерпретации полученных результатов.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 156 страницах машинописного текста, включая 22 рисунка и 15 таблиц. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов и библиографического списка из 172 наименований.

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 проанализированы литературные данные по перспективам развития шелководства в Таджикистане; химическому составу кокона тутового шелкопряда и приведены последние данные по структуре, свойствам и применению шелкового серицина и продуктов на его основе; также представлены данные по инкапсуляции БАС в биополимерных композитах. На основе анализа обзора литературы сформулированы цель и основные задачи диссертации.

Во второй главе приведены характеристики исходных веществ; методы получения водорастворимого белка (серицина), его состав и структура; количественные методы анализа серицина; ИК-Фурье спектроскопия; определение молекулярной массы и молекулярно-массового распределения (ММР) серицина высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ); определение ММР белка турбидиметрическим титрованием; метод инкапсулирования полифенольных соединений (ПФС) в системе «масло в воде» (м/в), стабилизированные комплексом белка и пектина.

В третьей главе представлены данные по выделению и характеристике белка серицина из шелковых отходов. Проведён сравнительный анализ выхода серицина из коконных оболочек при следующих условиях экстракции: (А) – в солевом растворе; (В) – в дистиллированной воде, а также при использовании (внедрении) инновационных методов: вариант (С) – в автоклаве за короткое время и (Д) – предварительная обработка коконов ультразвуком с дальнейшей экстракцией согласно вариантам А и В [12, 14, 30].

В разделе 3.2.2 охарактеризована вторичная структура образцов серицина, полученная при различных условиях экстракции, с помощью ИК-Фурье спектроскопии [6, 12].

Типичные полосы поглощения в молекуле белка серицина, такие как амид I ($1600-1700\text{ см}^{-1}$), амид II ($1504-1582\text{ см}^{-1}$) и амид III ($1200-1300\text{ см}^{-1}$), были обнаружены при 1624.0 см^{-1} для водного экстракта и 1644.1 см^{-1} для солевого экстракта. Полосы поглощения для амид II проявляются при 1515.4 и 1527.5 см^{-1} для водного и солевого экстрактов, соответственно. Для амида III соответствующие пики наблюдаются при 1241.8 и 1233.7 см^{-1} (см. рисунок 3.4 в диссертации). ИК-Фурье спектры серицина, полученного при высокой температуре и давлении, в автоклаве (вариант С) водой (рисунок 1 а) и солью (рисунок 1 б) имеют отличительные черты от спектров предыдущих экстрактов:

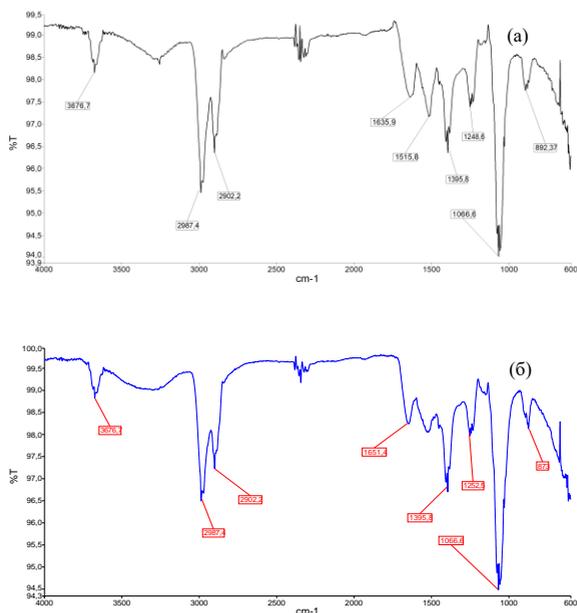


Рисунок 1. - ИК-Фурье спектры серицина, экстрагированного водой (а) и солью (б) в автоклаве [6]

присутствие сильных полос поглощения свободных -ОН групп при 3676.7 см^{-1} , и пики при 2987.4 и 2902.2 см^{-1} , связаны с OCH_3 и CH -алифатическими группами соответственно, указывают на реорганизацию макромолекулы белка при этих условиях.

Поглощение карбоксильных групп для амида I в образце серицина, экстрагированного водой наблюдается при 1635.9 см^{-1} и серицина, экстрагированного солью наблюдается при 1651.4 см^{-1} . Макромолекула серицина характеризуется конформационной неоднородностью полимерной цепи, которая может включать последовательные участки α -спиральной и β -структурной организации, при этом их соотношение зависит от содержания воды.

Таким образом, проведенные исследования вторичной структуры серицина методом ИК-Фурье спектроскопии показали, что в зависимости от метода экстракции макромолекула серицина может находиться в различных структурах от β -листа до α -спирали. Наличие пиков 1624.0 см^{-1} и 1644.1 см^{-1} , относящиеся к валентным колебаниям $\text{C}=\text{O}$ амида I указывают на преимущественное существование структуры β -листа для образца из водного экстракта и структуры случайных клубков для солевого экстракта. Экстракция белка с использованием солевого раствора приводит к снижению доли β -листовой конформации, образованной за счёт водородных связей карбоксильных групп, что проявляется в виде пика при 1651 см^{-1} , ассоциируемого с α -спиральной и неупорядоченной структурами.

В разделе 3.2.3. приведены анализ молекулярной массы и ММР серицина. Детальный анализ результатов ВЭЖХ, полученных с помощью программы ASTRA (Wyatt Technology, США), приводится в таблице 1, где представлен выход агрегированных частиц (микродельта – MG, %), полученных центрифугированием исходного раствора белка (2 мг/мл), выход образца из хроматографической колонки (R, %), средневесовая молекулярная масса (M_w , кДа), значение полидисперсности для каждой фракции полимера (M_w/M_n), характеристическая вязкость ($[\eta]$) и гидродинамический радиус ($R_h(w)$).

Таблица 1. - Выход–MG, молекулярная масса и гидродинамические свойства образцов серицина [3].

Образцы серицина*	MG, %	R, %	M_w, кДа	M_w/M_n	[η]_w	Rh(w), нм
СНД Пик-1	39.22	0.10	202.72	1.12	117.65	15.12
СНД Пик-2		44.30	19.41	3.43	5.72	2.46
СНД Пик-3		15.60	1.74	1.94	0.84	0.35
СУФ Пик-1	25.34	3.53	296.80	1.38	69.12	14.74
СУФ Пик-2		40.90	19.81	6.15	15.01	3.42
СУФ Пик-3		4.90	0.12	1.92	2.91	0.28
ССУФ	29.56	72.00	53.10	2.16	7.90	3.30
ФУФ	31.84	63.50	32.90	5.66	3.20	1.90

* СНД – серицин, полученный после концентрирования при низком давлении; СУФ – серицин, полученный ультрафильтрацией; ССУФ-спирторастворимая часть серицина СУФ и ФУФ – фильтрат серицина после ультрафильтрации.

Значения характеристической вязкости и гидродинамического радиуса для первого образца ССУФ изменялись в соответствии с приведенной M_w. Однако высокое значение индекса полидисперсности, низкие значения характеристической вязкости и гидродинамического радиуса для второго образца ФУФ говорят о его высокой степени агрегации, скорее возникшей при сушке раствора фильтрата.

На рисунке 2 представлены хроматограммы ВЭЭЖХ, образцов серицина СНД и СУФ. Как видно из профиля хроматограммы ВЭЭЖХ, образец СНД (рисунок 2, красная линия) элюируется в виде двух пиков с широким ММР. При этом первый крупный пик демонстрирует несимметричность и наличие небольшого плеча в начале, что свидетельствует о присутствии в образце небольшой третьей фракции. В то же время профиль элюирования образца СУФ (рисунок 2, синяя линия) показал более четкое разделение на четыре фракции полипептидов серицина с широкой полимодальной кривой распределения по ММР.

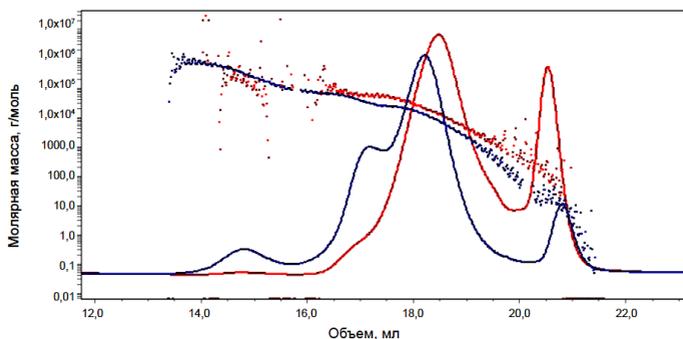


Рисунок 2. - ВЭЭЖХ профиль элюирования образцов серицина СНД (красная линия) и СУФ (синяя линия) и кривые их ММР соответственно [3]

Основная часть фракции полипептидов серицина, выделенная разными методами, приходится на фракцию, которая элюировалась вторым пиком для обоих образцов и составляла 44.30 и 40.90% от исходного количества растворенного белка серицина. Эти фракции почти не отличались по M_w , полидисперсности и гидродинамическим характеристикам. M_w для этих фракций была почти одинаковая (19.41 и 19.81 кДа), хотя оба образца полидисперсные в отличие от высоко- и низкомолекулярных фракций.

Растворимая в водно-спиртовом растворе фракция представляла собой полипептид с $M_w = 53.10$ кДа и мономодальным ММР. Фракция серицина, прошедшая через мембранный фильтр с пропускающими по массе макромолекулами менее 20 кДа, отличалась от предыдущей фракции полидисперсностью и имела $M_w = 32.90$ кДа.

Кроме того, в данной работе, нами, была оценена форма молекул серицина СНД и СУФ в растворе с помощью программы *ASTRA*. Наклон кривой на графике (рисунок 3) позволяет оценить форму макромолекулы белка.

Для серицина СНД и СУФ наклон, равный 0.23 и 0.26 соответственно, указывает на свернутую конформацию белка в сферической форме, что еще раз подтверждает агрегацию данного белка в растворе при исследуемых концентрациях (1–2 мг/мл).

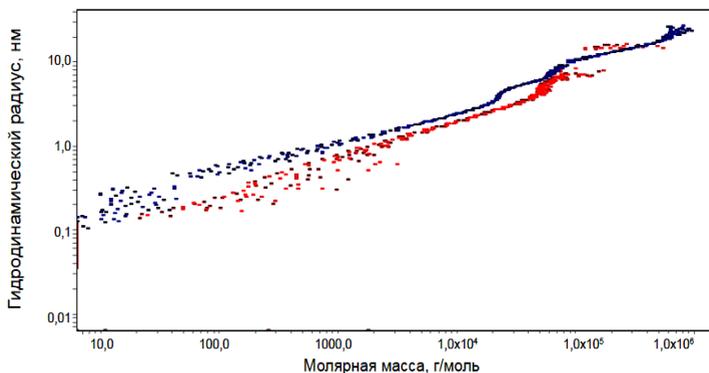


Рисунок 3. - Зависимость гидродинамического радиуса ($R_h(w)$) от молекулярной массы (конформационный график) [3]

Таким образом, результаты подтверждают и расширяют представления о влиянии различных факторов на ассоциацию белковых макромолекул в растворе. Полученные данные свидетельствуют, что не только параметры процесса экстракции серицина из шёлка определяют его молекулярную массу и агрегативное поведение, но и условия выделения из раствора, такие как температура, давление и степень концентрирования на ультрафильтрационной мембране. Анализ показывает, что полипептиды серицина находятся в изолированной β -конформации при низких концентрациях, однако начинают агрегироваться при концентрациях, превышающих 1–2 мг/мл.

Раздел 3.2.4 посвящен анализу поведения макромолекулы серицина в концентрированном растворе. Для анализа ММР макромолекул серицина в концентрированном растворе применяли метод турбидиметрического титрования. Для исследования использовали три образца серицина:

1. серицин, экстрагированный 0.5%-ным раствором Na_2CO_3 (СШ);
2. серицин, экстрагированный дистиллированной водой (СВ);
3. экспериментальный серицин производства «Sigma».

Из анализа, кривая зависимости мутности раствора серицина от объёмной доли осадителя (интегральная кривая турбидиметрического

титрования, рисунок 3.13, в дис.) имеет резкий изгиб в области объёмной доли (γ) осадителя в пределах 0.75-0.9, указывает на узкое распределение ММР макромолекул серицина 1 и фракции белка с низкой молекулярной массой. По дифференциальной кривой турбидиметрического титрования можно выявить, что у серицина 1 существует 3 макромолекулярных фракций, которые имеют узкое ММР.

С увеличением концентрации белка профиль распределения макромолекул (рисунок 3.14, дис.) несколько изменился с появлением небольшого пика при γ равной 0.78, указывающий на содержание белка с более высокой молекулярной массой.

На рисунке 4 представлены интегральная и дифференциальная кривые турбидиметрического титрования раствора серицина 2 с концентрацией 0.45%. Как видно с увеличением доли осадителя γ интегральные кривые имеют пологий вид, что указывает на широкое распределение ММР макромолекулы серицина 2. На дифференциальных кривых ММР данного образца проявляется большой пик в области γ 0.35-0.41, три пика в области γ 0.42-0.45, два пика в области γ 0.45-0.49 и один пик при γ равной 0.57.

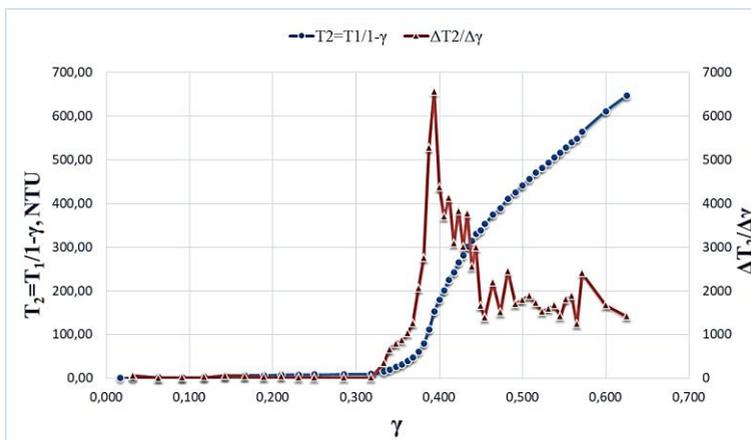


Рисунок 4. - Интегральная (T_2) и дифференциальная ($\Delta T_2/\Delta\gamma$) кривые турбидиметрического титрования раствора серицина 2 (концентрация серицина 0.45%) [7]

С возрастанием концентрации серицина 2 в растворе (рисунок 5) высокомолекулярные фракции начинают осаждаться ещё раньше, как в случае с серицином 1. В данном случае происходит выделение более четырёх фракций с высокой молекулярной массой в области γ 0.27-0.35, один узкий пик в области γ 0.37, три небольших пика в области γ 0.42-0.49 и дальнейший рост мутности до γ 0.7.

Таким образом, анализируя полученные данные и данные литературы можно заключить, что серицин 1, полученный щелочным раствором, в основном, состоит из низкомолекулярных фракций с молекулярной массой менее 20 кДа и имеет узкое распределение по молекулярной массе.

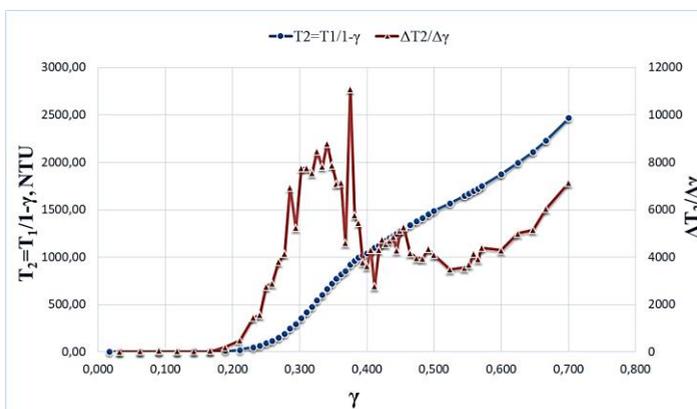


Рисунок 5. - Интегральная (T_2) и дифференциальная ($\Delta T_2/\Delta\gamma$) кривые турбидиметрического титрования раствора серицина 2 (концентрация серицина 0.94%) [7]

В то время серицин, полученный водной экстракцией отличается широким распределением по молекулярной массе, в которых могут содержаться макромолекулы от 20 до 200 кДа. Как и в нашем случае, средняя фракция серицина с M_w 60-100 кДа, полученная водой была доминирующей фракцией белка в изученных образцах. Коммерческий образец 3 от компании «Sigma» также содержал белок с низкой молеку-

лярной массой и узким ММР.

В четвертой главе приведены данные по применению серицина в качестве композиционного материала в системе доставки лекарств, при смешивании с другими природными или синтетическими полимерами. Серицин комбинируют с такими материалами, как органические (синтетические полимеры, биополимеры, клетки, белки, ферменты, углеводы, лекарства и т.д.), неорганические (наночастицы металлов, лазерные красители, квантовые точки и т.д.) или природные биоминералы и биоминеральный гидроксиапатит для получения нанокристаллов различного размера и морфологии. Эти носители могут быть использованы для адресной доставки лекарств, таких как пептиды, ДНК и РНК, к пораженному участку.

Раздел 4.2. посвящен изучению процесса формирования двухслойных микрокапсул на основе комплексообразования серицина и пектина, в системе эмульсии М/В, без использования поверхностно-активных соединений, способных эффективно захватывать ЛВ и БАС.

Объектами исследования являлись: низкометилированный (НМ)-пектин, полученный из яблочных выжимок, с содержанием галактуроновой кислоты (ГК, %) 58.6, степенью этерификации (СЭ, %) 38.0 и молекулярной массой (M_w) 110.2 кДа (далее обозначенные как НМПЯ); инулин, полученный из корнеклубней топинамбура [4]; белок серицин (СРЦ) экстрагированный щелочью (0,5 % раствором Na_2CO_3) [12, 29, 30] из бракованных коконов тутового шелкопряда (*Bombyx mori*). Средневесовая молекулярная масса (M_w) серицина найденная методом ВЭЭЖХ составила 24.0 кДа [3, 16, 19].

В качестве БАС были использованы ПФС прополиса из пчелиного хозяйства Яванского района и корки граната, выращенного в сельских хозяйствах Республики Таджикистан, полученные экстракцией 70% раствором этанола [15, 17].

Микрокапсулы получали методом двухстадийного формирования в эмульсии «масло в воде», при различных соотношениях серицина и пектина.

Количество частиц и их размеры определяли на микроскопе

OLYMPUS BX53 (OLYMPUS U-TR30-2, Япония) с помощью компьютерной программы *OLYMPUS cellSens Standard*. Размер частиц представлял собой средневзвешенный по объему средний диаметр d_{43} .

Все эксперименты проводили дважды, в некоторых случаях трижды, с использованием свежеприготовленных эмульсий, результаты представлены как средне-стандартно вычисленные. Результаты расчета среднего диаметра микрокапсул и объемная доля частиц ($V, \%$) для разных соотношений СРЦ:НМПЯ приведены в таблице 2.

Кривые зависимости среднего диаметра d_{43} и объемной доли частиц (распределение микрочастиц) кремового слоя в эмульсионной системе серицин и НМ- пектин с весовыми соотношениями СРЦ/НМПЯ: 10:1, 5:1 и 3:1 представлены на рисунке 6.

Таблица 2. - Средние размеры эмульсионных микрокапсул (d_{43}) и объемная доля частиц ($V, \%$) для разных соотношений СРЦ:НМПЯ [1, 9, 21].

СРЦ/НМПЯ 10:1		СРЦ/НМПЯ 5:1		СРЦ/НМПЯ 3:1	
d_{43} , мкм	$V, \%$	d_{43} , мкм	$V, \%$	d_{43} , мкм	$V, \%$
0.50	0.40	0.50	2.18	0.50	1.56
1.00	40.56	1.00	34.55	1.00	30.47
1.50	40.16	1.50	47.27	1.50	51.95
2.00	11.24	2.00	13.45	2.00	13.67
3.00	3.21	3.00	2.18	3.00	2.34
4.00	1.61	3.50	0.36		
5.00	2.01				
6.00	1.20				

Из данных таблицы 2 и рисунка 6 видно, что максимальная доля микрочастиц, приблизительно от 11.0 до 52.0 приходится на популяцию с размерами 1-2 мкм. С уменьшением соотношения белок/пектин максимумы несколько смещаются в сторону больших частиц, но их распределение принимает мономодальный вид.

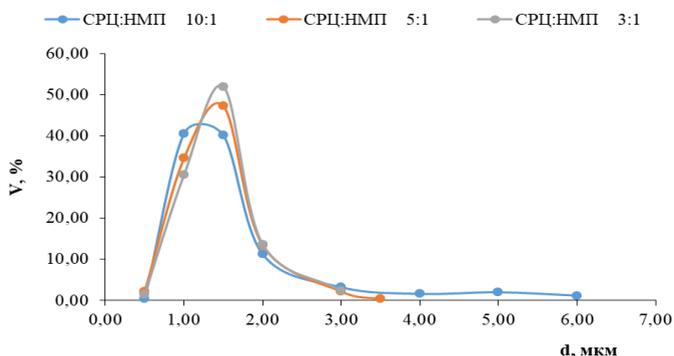


Рисунок 6. - Кривые распределения микрочастиц кремового слоя в эмульсионной системе сывороточного белка и НМ- пектин с весовыми соотношениями СРЦ/НМПЯ: 10:1, 5:1 и 3:1 [18, 19, 21, 24, 28]

С применением новой технологии были получены эмульсионные микрокапсулы на основе белка сывороточного и НМПЯ для капсулирования ПФС. В таблице 3 представлены характеристики эмульсионных микрокапсул, полученных на основе комплексообразования НМ-яблочного пектина с белком сывороточным (СРЦ), по новой технологии, содержащие активное вещество ПФС.

Таблица 3. - Характеристики микрокапсул в системе СРЦ/НМПЯ [5, 27].

Весовое соотнош. СШ/НМПЯ, г/г	Молярное соотнош. СШ/НМПЯ, моль/моль	Объём эмульсии в день приготовления, мл	Объём эмульсии и на шестой день, мл	d_{43} , мкм	Содержание ПФС в микрокапсулах, %
1:1	1.17	18.7	15.7	5.65	42.81
3:1	3.50	18.4	18.4	5.67	47.43
5:1	5.80	15.4	15.4	6.79	46.29
10:1	11.70	17.4	13.4	7.14	37.99

Показано, что объёмы эмульсий при различных соотношениях остаются стабильны в течение нескольких дней, а с ростом доли белка

серицина в системе СРЦ/НМПЯ стабильность эмульсии растёт, принимает максимальное значение при мольном соотношении белок/пектин равное 3.5 и снова падает. Также адсорбция ПФС проходит через максимум, достигая значение 47.23% и уменьшаясь до 37.99 % с увеличением мольного соотношения СРЦ/НМПЯ.

Таким образом, в результате проведённых исследований, нами, найдены оптимальные условия получения стабильных микрокапсул в эмульсионной системе масло/вода при различных соотношениях СРЦ/НМПЯ, с минимальным размером и максимальным количеством частиц в единице объёма, эффективно захватывающие БАС. Серицин шёлка способен формировать стабильные эмульсии с НМПЯ, в широком диапазоне соотношений СРЦ/НМПЯ 1-10.

В разделе 4.3.2. приведена оценка антиоксидантной активности (АОА) эмульсионных микрокапсул с ПФС стабилизированные комплексом серицина и пектина. Оценку антиоксидантной активности полифенольного экстракта до и после инкапсуляции проводили с помощью анализа DPPH. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Антиоксидантная активность (АОА) эмульсионных микрокапсул с полифенольными соединениями (ПФС) прополиса, полученные экстракцией 70% раствором этанола [5].

Образец	Разбавление*	D _{517 нм} (ср.зн)	АОА, %
ПФС экстракт из прополиса*	1:10	0.147	54.32
	1:30	0.122	62.03
	1:50	0.117	63.71
	1:100	0.119	62.84
Эмульсия-контроль (СРЦ/НМПЯ 5:1)	1:10	0.293	9.01
	1:30	0.278	13.66
	1:50	0.263	18.32
	1:100	0.258	19.88
СРЦ/НМПЯ 10:1	1:10	0.044	86.34
	1:30	0.041	87.27
	1:50	0.037	88.51
	1:100	0.027	91.61

Продолжение таблицы 4.

СРЦ/НМПЯ 5:1	1:10	0.052	83.85
	1:30	0.046	85.71
	1:50	0.033	89.75
	1:100	0.029	90.99
СРЦ/НМПЯ 3:1	1:10	0.049	84.78
	1:30	0.039	87.89
	1:50	0.028	91.30
	1:100	0.023	92.86
контроль растворов		0.322	

*исходный раствор полифенольных соединений с концентрацией 5 мг/мл разбавлен 70 %-ным этиловым спиртом.

Как видно из данных таблицы 4 ПФС из экстракта прополиса показали АОА равную 54.32%, при разбавлении растворов АОА несколько увеличилась и оставалась постоянной при 30- и 100-кратном разбавлении, что связано с растворимостью ПФС в водно-спиртовом растворе. АОА эмульсионных микрокапсул без содержания ПФС показали низкие значения ингибирования DPPH радикала 9.01%, а при 100-кратном разбавлении это значение достигло 19.88%.

Нами обнаружено, что инкапсулирование ПФС в виде эмульсии в системе «масло в воде», проявляет незначительную ($P < 0.05$) антиоксидантную активность в исходном состоянии. В то время как при 10-кратном разбавлении инкапсулированные ПФС в эмульсионные микрокапсулы, стабилизированные белком серицина и яблочным пектином способствовали высоким значениям ингибирования DPPH радикала. После разбавления эмульсии водой процент улавливания свободных радикалов заметно увеличивается, вследствие интенсификации диффузии ПФС из микрокапсул. Такая тенденция роста активности почти одинакова у микрокапсул с различным соотношением СРЦ/НМПЯ: АОА микрокапсул увеличивается с $78 \pm 1.7\%$ при 10-кратном разбавлении до $92 \pm 1.2\%$

по мере дальнейшего разбавления, сохраняя высокую активность даже при 100-кратном разбавлении эмульсии.

Таким образом, в результате проведенных исследований, нами установлено, что экстракты прополиса содержат наибольшее количество ПФС и флавоноидов. ПФС инкапсулированные в виде эмульсионных микрокапсул, стабилизированные белком серицина и яблочным пектином, показали высокую антиоксидантную активность с минимальной концентрацией ПФС, что подтверждает сохранение их терапевтических свойств. Установлено, что получение эмульсии с высокой степенью инкапсулирования полифенольных соединений, при 100-кратном разбавлении показало высокую антиоксидантную активность, что связано с растворимостью ПФС и их диффузии из микрокапсул.

ВЫВОДЫ

1. Разработан эффективный метод выделения серицина из шелковых отходов водной экстракцией в автоклаве при высокой температуре за короткое время, с определенной структурой, способного стабилизировать эмульсии в системе «масло/вода» с инкапсулированным активным ингредиентом [1-А, 9-А, 12-А, 14-А, 26-А, 27-А, 28-А, 29-А].
2. Показано, что высокий выход качественного, высокомолекулярного серицина можно достичь путем экстракции серицина в автоклаве при 7-минутной обработке коконов водой [12-А, 14-А].
3. Исследована вторичная структура серицина методом ИК-Фурье спектроскопии. Впервые установлено существование структуры β -листа для образца из водного экстракта и структуры случайных клубков для солевого экстракта [6-А, 14-А].
4. Проведён анализ молекулярной массы и гидродинамических свойств серицина в растворе методом ВЭЖХ. Обнаружено, что полипептиды серицина элюируются в 3-х макромолекуляр-

ных популяциях, основная часть которых, приходится на вторую фракцию со средним значением M_w 19.4 – 19.8 кДа [3-А, 4-А, 7-А].

5. Установлено, что на молекулярную массу и агрегативное поведение серицина шёлка оказывают влияние как параметры процесса экстракции, так и условия его выделения из раствора [4-А, 14-А, 16-А, 19-А, 26-А, 29-А].
6. Показано, что полипептиды серицина присутствуют в виде изолированной β -конформации при низком содержании, а при концентрациях более 1–2 мг/мл они агрегируются. Анализ поведения полипептидов серицина в концентрированном растворе (4-10 мг/мл) подтверждает гипотезу об агрегации макромолекулы серицина [3-А, 7-А, 14-А, 33-А].
7. Оптимальные условия для получения стабильных микрокапсул в эмульсионной системе «масло/вода» были определены при различных соотношениях серицин/пектин. Эти условия обеспечивают минимальный размер капсул и максимальное количество частиц в единице объёма, эффективно инкапсулирующих биологически активные вещества (ПФС) [1-А, 8-А, 13-А, 20-А, 21-А].
8. Инкапсулированные полифенольные соединения в форме эмульсионных микрокапсул, стабилизированные белком серицина и яблочным пектином, показали высокую антиоксидантную активность с минимальной концентрацией ПФС, что подтверждает сохранение их терапевтических свойств [5-А, 10-А, 17-А, 22-А].
9. Обоснование возможности применения серицина и композитов на его основе в пищевой и фармацевтической отраслях.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Доставка ЛВ и БАС является ключевым аспектом современной медицины, поскольку способствует повышению эффективности и безопасности терапевтических агентов. Однако этот процесс

сопровождается рядом сложностей, включая преодоление биологических барьеров, обеспечение стабильности ЛВ и БАС, специфичность их доставки к месту назначения и минимизацию токсичности.

Одной из наиболее перспективных технологий для доставки ЛВ и БАС является применение микро- и наноматериалов, которые могут быть точно спроектированы с учётом заданных характеристик, таких как размер, форма, химическая структура поверхности и функциональная активность.

Серицин представляет собой перспективный материал для доставки лекарственных и косметических средств, особенно при его сочетании с другими природными или синтетическими полимерами.

В проведённой работе определены оптимальные условия для формирования стабильных микрокапсул в эмульсионной системе «масло/вода» при различных соотношениях серицин/пектин. Данные условия позволяют получить микрокапсулы с минимальным размером и максимальной концентрацией частиц в единице объёма, обеспечивая эффективную инкапсуляцию ПФС, которые могут быть применены для приготовления пищевых продуктов функционального назначения, фортификации пищевых продуктов антиоксидантами и витаминами.

Потенциал применения белково-полисахаридного комплекса как средства инкапсуляции и доставки биологически активных соединений, питательных веществ и лекарственных препаратов открывает возможность внедрения результатов данной работы в пищевую, косметическую и фармацевтическую промышленность республики и стран региона.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

[1-А] Шерова З.У. Эмульсионные микро- и нанокапсулы в системе 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>

[2-А] Sherova Z. U. A new approach to the treatment of acute infection diseases with antibiotic-pectin formulae / Z. K. Muhidinov, J.T. Bobokalonov, R. S. Kimatov, E. R. Rahmonov, G. I. Komilova, Z. U. Sherova, L. S. Liu // The Journal of Infection in Developing Countries. -2024. – V. 18, - №3. - P. 407-419. DOI: <https://doi.org/10.3855/jidc.18473>

[3-А] Шерова З.У. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение белка серицина, экстрагированного из отходов коконов *Bombyx mori* / З.У. Шерова, А.С.Насриддинов, Ш.Ё.Холов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2022. - Т. 12. - № 4. - С. 547–556. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-547-556> .

[4-А] Шерова З.У. Макромолекулярный состав инулина различного происхождения в концентрированном растворе / А.И. Ашуров, З.У. Шерова, А.С. Насриддинов, С.Р. Усманова, Х.И. Икромии, З. К. Мухидинов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2022. - Т. 12. № 2. - С. 279–290. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-279-290>

II. Статьи, опубликованные в других изданиях, рекомендуемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[5-А] Шерова З.У. Антиоксидантная активность эмульсионных микрокапсул, содержащих полифенольные соединения из прополиса / З. У. Шерова, Шабнами Хуршед, Б. С. Ёрова, С. Р. Усманова, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов // Вестник Технологического университета Таджикистана. - 2024. - № 4 (59). - С. 80-88.

[6-А] Шерова З.У. Изучение структуры образцов серицина из коконов тутового шелкопряда (*Bombyx mori*), экстрагированные при различных условиях методом ИК-фурье спектроскопии / З. У. Шерова, Шабнами Хуршед, А. И. Ашуров // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2024. – Т. 1. - № 4(43). – С. 67-79.

[7-А] Шерова З.У. Макромолекулярный состав серицина коконов шелкопряда (*Bombyx mori*) в концентрированном растворе / З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2024. – Т. 1. - № 3(41). – С. 99-110.

[8-А] Шерова З.У. Влияние соотношения биополимеров на стабильность эмульсионных микрокапсул пектина и лактоглобулина молочной сыворотки / З. У. Шерова, М. А. Олимов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Вестник Филиала Московского государственного

университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. - 2023. - Т. 1. - № 3 (33). - С. 66-75.

[9-А] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и макрокапсулы эфирного масла лаванды / Ш.Р. Алиева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала МГУ имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. - 2023. - Т. 1. - № 1 (29). - С. 84-92.

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

[11-А] Шерова З.У. Инкапсулирование эфирного масла THYMUS VULGARIS, произрастающего в Таджикистане, эмульсионным способом / С. Р. Усманова, З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов // Актуальная биотехнология. - 2020. - № 3 (34). - С. 618-621.

[12-А] Шерова З.У. Сравнительный анализ серицина, экстрагированного водным и солевым растворами / З. У. Шерова, А. Б. Ишматов, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Доклады АНРТ. - 2018. - Т. 61. - № 1. - С. 54-58.

[13-А] Шерова З.У. Изучение полифенольных соединений корнеклубней Эремурса Гиссарского (*E Hissaricus*) методом капиллярного зонного электрофореза / Д. Т. Бобокалонов, С. Р. Усманова, И. Б. Исмоилов, З. У. Шерова // Актуальная биотехнология. - 2018. - № 3 (26). - С. 274-278.

III. Патенты на изобретения

[14-А] Шерова З.У. Патент ТЈ 1570 Республики Таджикистан. Способы выделения серицина из отходов коконов тутового шелкопряда / З. К. Мухидинов, З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Д. Т. Бобокалонов, А. И. Ашуров. –НПИЦентр РТ, 2024. Блю. № 215.

IV. Список работ в материалах международных конференций

[15-А] Шерова З.У. Состав полифенольных соединений образца прополиса методом капиллярного зонного электрофореза / З.У. Шерова, Дж. Т. Бобокалонов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник материалов III Международной научной конференции «Инновационное развитие науки», 12 октября 2024 г., г. Душанбе, Республика Таджикистан. - С. 14-16.

[16-А] Шерова З.У. Макромолекулярный состав белка серицина, экстрагированного из отходов коконов тутового шелкопряда (*Bombix mori*) / З. У. Шерова, Ш. Ё.Холов, З. К. Мухидинов // Сборник статей VI международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии», - Душанбе, 2024. - С. 122-127.

[17-A] Шерова З.У. Инкапсулирование полифенольных соединений из корок граната / З. У. Шерова, Ш. Хуршед, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания». - Саратов: Вавиловский университет, 2024 г. - С. 372-376.

[18-A] Sherova Z.U. Microencapsulation of bioactive compounds for the creation of functional foods / Z. U. Sherova, Kh. Ikromi, J. T. Bobokalonov, Z. K. Muhidinov // 31st International Conference of FFC, September 29- October 1st, 2023. - Yerevan, Armenia, 2023. - P. 281-282.

[19-A] Шерова З.У. Молекулярная масса и конформационные изменения макромолекулы серицина в растворе / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, И. Б. Исмоилов, Д. Х. Холиков, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции на тему «Современные проблемы физики и химии полимеров», 10 октября 2023 года. – Душанбе, 2023. – С. 22-25.

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

[21-A] Шерова З.У. Эмульсионные макрокапсулы серицин-пектин для систем доставки лекарственных веществ и пищевых ингредиентов / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // III Международная научно-практическая конференция «Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий», 28 апреля 2023г. – Кемерово, 2023. – С. 25-29.

[22-A] Шерова З.У. Антиоксидантная активность эмульсионных нано- и макрокапсул эфирных масел / Ш. Р. Алиева, З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Г. С. Кодирова, Ф. С. Шаропов, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», посвященной 115-летию академика Бободжона Гафурова (28-29 апреля 2023 года). Часть III. Естественные науки. – Душанбе, 2023. - С.134-139.

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

[24-A] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и макрокапсулы серицин-пектин как система доставки биологически активных веществ / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Мат.научно-практической конфе-

ренции с международным участием «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», пос.30-летию Государственной независимости Республики Таджикистана «Годам развития села, туризма и народных ремёсел (2019-2021)», ТГМУ им. Абуали ибни Сино.- Душанбе, 2021г. - С. 679.

[25-А] Шерова З.У. Профилактические продукты на основе пектина / З. У. Шерова, Ш. Р. Алиева, С. Р. Усманова // Сборник статей, докладов и материалов II-ой Международной научно-практической конференции «Роль женщин-ученых в развитии науки, инноваций и технологий», 16.08.2021 - 20.08.2021, г. Гулстан. - С. 188-194.

[26-А] Шерова З.У. Количественное изучение комплекса белков молочной сыворотки и яблочного пектина методом капиллярного электрофореза / С. Р. Усманова, З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, Дж. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Тезисы докладов участников Международной конференции «Физико-химическая биология как основа современной медицины», 21 мая 2021г. – Минск, 2021. - С. 306- 307.

[27-А] Шерова З.У. Микрокапсулы на основе белка серицина и яблочного пектина с антиоксидантной активностью / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Ш. Р. Алиева, З. К. Мухидинов // Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания» / Под общей ред. Неповинных Н.В., Поповой О.М., Фатьянова Е.В. – Саратов: СГАУ. - 2021. - С. 802-809.

[28-А] Шерова З.У. Микрокапсулирование полифенольных соединений на основе серицина и пектина / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Физико-химическая биология как основа современной медицины. Тезисы докладов участников Республиканской конференции с международным участием, 29 мая 2020г. - Минск, 2020. - С. 236- 237.

[29-А] Sherova Z.U. Physicochemical characteristics of sericin extracted by water and alkaline solutions / Z. U. Sherova, A. B. Ishmatov, Z. K. Mukhidinov // XII International Symposium "Actual problems of chemistry, biology and technology of natural compounds", September 7-8, 2017. - Tashkent, 2017. - P.265.

V. Список работ в материалах республиканских конференций

[30-А] Шерова З.У. Выделение белка серицина из коконов тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) / З. У. Шерова, А. И. Ашуров, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XIX Нумановские чтения «Развитие фундаментальной и прикладной химии и её вклад в индустриализацию страны», Душанбе, 16-октября 2024 г.– Душанбе, 2024. - С.238-243.

[31-А] Шерова З.У. Нано- и макрокапсулы на основе серицина/пектина / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XVI Нумановские чтения «Достижение химической науки за 30 лет государственной

независимости Республики Таджикистан», 27-октябрь 2021 г. – Душанбе, 2021. - С.121-124.

[32-А] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и микрокапсулы на основе низкометилированного пектина и лактоглабулина / С. Р. Усманова, З. У. Шерова, Д. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Материалы XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан», 24-октябрь 2019 г. – Душанбе, 2019. - С.114-116.

[33-А] Шерова З.У. Сравнительный анализ выхода серицина из коконных оболочек при различных условиях экстракции / З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, А. Б. Ишматов, З. К. Мухидинов // Материалы XIV Нумановские чтения, «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», 22-ноября 2017 г.- Душанбе, 2017. - С.153-155.

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН

Институти кимиёи ба номи В.И. Никитин

ТДУ: 577.12:544.773

Бо ҳуқуқи дастнавис



ШЕРОВА ЗАМИРА УМАРАЛИЕВНА

**ИСТИХРОҶ ВА ТАВСИФИ СЕРИТСИН АЗ БОҚИМОНДАИ
ПИЛЛАИ АБРЕШИМ ВА МАВОДҲОИ КОМПОЗИТСИОНӢ ДАР
АСОСИ ОН**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа
(PhD) – доктор аз рӯи ихтисоси 6D060600 – Химия
(6D060606 –Пайвастаҳои фаромолекулӣ)**

Душанбе - 2025

Рисола дар озмоишгоҳи "Пайвастагиҳои калонмолекулавӣ" - и Институти кимиёи ба номи В. И. Никитини АМИТ иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ: **Муҳидинов Зайниддин Қамарович** - доктори илмҳои химия, профессор, мудири озмоишгоҳи "Пайвастагиҳои калонмолекулавӣ"-и Институти кимиёи ба номи В. И. Никитини АМИ Тоҷикистон

Муқарризи расмӣ: **Рашидов Чалил** – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи физикаи ҷисмҳои саҳти Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Ақбаров Ҳамдам Икромович – доктори илмҳои химия, профессор, мудири кафедраи химияи физикӣ ва коллоидии Донишгоҳи миллии Узбекистон ба номи Мирзо Улуғбек

Муассисаи пешбар: Муассисаи давлатии илмӣ «Институти химияи маводи нави Академияи миллии илмҳои Беларус»

Ҳимояи диссертатсия “15”-уми майи соли 2025, соати 09:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.KOA–080-и назди Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ дар суроғаи: 734063, ш. Душанбе, кӯчаи Айнӣ, 299/2, Институти кимиёи 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 фиристода шуд.

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



С.Р. Усманова

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚ

Мубрамии мавзӯи таҳқиқ. Кирми абрешими тут (*Bombyx mori*) ду намуди сафеда истеҳсол ва чудо мекунад – фиброин ва серитсин.

Серитсин гликопротеини дар об ҳалшаванда буда, аз 25 то 30% массаи пилларо ташкил медиҳад. Он дорои 18 аминокислотаҳо бо гурӯҳҳои паҳлӯии қутбӣ ба монанди гидроксил, карбоксил ва аминок-гурӯҳ мебошад, ки онро сафедаи гидрофилӣ мекунад. Он дорои микдори зиёди серин, кислотаи аспарагин ва глитсин мебошад. Дар сохтори худ, серитсин як протеини курашаклест, ки аз печҳои ба таври тасодуфӣ печонидашуда ва β - қабатҳо иборат аст. Массаи молекулавии серитсин аз усули истихроҷи он вобаста аст, ки серин, глитсин ва кислотаи глютамин аминокислотаҳои асосии он мебошанд ва ҳудуди 40-400 кДа -ро дарбар мегирад.

Серитсин, сафедаи дар об ҳалшаванда, ки аз пиллаи абрешим грифти мешавад, хосиятҳои зиёди физикуи химиявӣ дорад, ки онро дар соҳаҳои гуногун, аз ҷумла дар биотибб истифода бурдан афзалиятнок мегардонад. Ин хосиятҳо аз усули истихроҷ ва навъи кирмак вобастагии калон доранд, ки метавонанд ба тағирёбии массаи молекулавӣ ва концентратсияи аминокислотаҳо оварда расонанд. Серитсин дорои аминокислотаҳои гидрофобӣ ва гидрофилӣ мебошад, ки ба он хосиятҳои беназири намнокунандагӣ медиҳад. Бо сабаби потенциали антиоксидантӣ он дар саноати хӯрокворӣ ва косметикӣ, инчунин барои мақсадҳои тиббӣ фаъолна истифода мешавад. Масалан, серитсин барои муолиҷаи захмҳо, паҳншавии хучайраҳо ва муҳофизат кардани пӯст аз шуоҳои ультрабунафш истифода мешавад. Хусусиятҳои антиоксидантии он барои истифодаи серитсин дар муолиҷаи омӯҳҳои бадсифат, инчунин воситаи зиддимикробӣ ва зиддиинтиҳобӣ имконият фароҳам меорад.

Бино ба маълумоти Агентии омор, дар соли 1991 дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 4528 тонна пилла истеҳсол шудааст. Аммо то

соли 2023, тибқи маълумоти ҚСК «Пиллаи тоҷик», ҳаҷми ҳосил то 361 тонна коҳиш ёфтааст, ки ин аз коҳиши чашмаси истеҳсоли пилла дар кишвар шаҳодат медиҳад.

Айни замон дар корхонаҳои абрешими Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳамагӣ 10-15% пилла ба дараҷаҳои олӣ ва якум тааллуқ дорад. Қисми асосии ашёи хомро пиллаи навҳои дуҷум ва сеҷум ташкил медиҳанд. Ин боиси хеле зиёд шудани вазни қиёсии талафи нахи абрешим дар вақти коркарди он дар корхонаҳои саноатии махсус мегардад. Сатҳи партовҳо дар соҳаи истеҳсоли кишвар ба 25-30%-и ҳаҷми умумии маҳсулоти истеҳсолшуда мерасад.

Ҳамин тариқ, таҳияи технологияи инноватсионии коркарди абрешим бо истихроҷи маҳсулоти нав бо арзиши иловашуда аз партовҳо – риштаҳои абрешимӣ, сохторҳои композитӣ ва моддаҳои ширешӣ, ки метавонанд дар соҳаҳои гуногуни иқтисодиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон татбиқ карда шаванд, аҳамияти ниҳоят калон ва самти маъмул мебошад.

Робитаи тадқиқот бо барномаҳо ва мавзӯҳои илмӣ. Мавзӯи рисола ба самтҳои афзалиятноки тадқиқоти илмӣ ва илмию техникӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2021-2025 дохил карда шудааст. Ҳалли ин масъала ба рушди иқтисодиёт, таъмини амнияти озуқавории кишвар ва эҷоди маҳсулоти озуқаворӣ функционалӣ ва маводҳои доруворӣ нигаронида шудааст.

Кори илмӣ тибқи нақшаи КИТ-и Муассисаи давлатии илмӣ “Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон” дар мавзӯи “Эҷоди интиқолдиҳандагони маводҳои доруворӣ ва маҳсулотҳои ғизоӣ дар асоси биополимерҳо” омода шудааст (рақами қайди давлатӣ ГР 0116ТJ 00543).

Мақсади кор - таҳияи усули самарабахши истеҳсоли серитсин бо роҳи коркарди партовҳои пилла ва тавсифи он барои истифодаи минбаъда ҳамчун маводи композитӣ мебошад.

Барои ноил шудан ба ин ҳадаф, вазифаҳои зерин гузошта ва ҳал карда шуданд:

~таҳияи усулҳои самарабахши ба даст овардани серитсин ва бо ин роҳ коркарди партовҳои абрешими корхонаҳои пиллакашии Ҷумҳурии Тоҷикистон;

~омӯзиши ҳосиятҳои физикию химиявии серитсини ба даст овардашуда;

~омӯзиши массаи молекулавии серитсин ва тақсимои массаи молекулавии (ТММ) он;

~таҳияи комплекси сафеда-полисахарид барои истифода ба сифати системаи интиқоли моддаҳои биоактивӣ;

~таъсиси системаҳои интиқоли пайвастагиҳои фаъоли биологӣ (ПФБ) ва маводи ғизоӣ дар асоси серитсин бо полисахаридҳо дар шакли нано- ва микрокапсулаҳои эмульсионӣ ва хусусиятҳои онҳо.

Объектҳои тадқиқот партовҳои абрешими коркарднашаванда, намунаҳои серитсин бо усулҳои гуногун ҷудошуда, пектинҳои себ, пайвастагиҳои полифенолӣ, экстрактҳои прополис, микрокапсулаҳои эмульсионӣ ва дигар воситаҳо ва реактивҳо барои гузаронидани таҷрибаҳо мебошанд.

Усулҳои тадқиқот: усулҳои анъанавии истихроҷ бо истифода аз об ва намак, усулҳои нави истихроҷ - усули флеш ва истихроҷи сафеда бо истифодаи ултрасадо ва дигар усулҳо. Хусусиятҳои объектҳои тадқиқот бо истифода аз усулҳои муосир, аз қабилҳои хроматографияи моеъии баландсифати эксклюзионӣ (ХМБЭ), спектроскопияи ИС-Фурье, микроскопия, титркунии турбидиметрӣ, вискозиметрӣ ва ғ.

Навоварии илмӣ кор.

- Усули самарабахши аз партовҳои абрешим бо роҳи истихроҷ дар ҳарорати баланд бо об ва дар муддати кӯтоҳ ба даст овардани серитсин кор карда шуд;
- Сохтори дуҷумлаи серитсин бо истифода аз спектроскопияи ИС-Фурье омӯхта шуд. Бори аввал мавҷудияти шакли β-қабати аз истихроҷи обӣ ва шакли ғунчаҳои бетартиб бо истифода аз ис-

тихрочи намакӣ дар сохтори сафедаи серитсин муқаррар карда шуд;

- Массай молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинамикии серитсин дар маҳлул тавассути усули хроматографияи ХМБЭ таҳлил карда шуданд. Муайян карда шуд, ки полипептидҳои серитсин дар 3 гурӯҳи макромолекулӣ ҷудо мешаванд, ки қисми асосии онҳо ба фраксияи дуюм бо массай миёнаи молекулавии (M_w) 19.4 – 19.8 кДа рост меояд.
- Барои тавлиди микрокапсулаҳои устувор дар системаи эмулсионии равшан/об аз комплекси серитсин/пектин, ки бо пайвастагиҳои фаъоли биологӣ капсулшуда (пайвастагиҳои полифенолӣ - ППФ) устувор карда шудааст, шароити муносиб таҳия карда шудааст.
- Микрокапсулаҳои эмулсионии дорои ППФ фаъолияти баланди антиоксидантӣ бо миқдори минималӣ нишон доданд, ки афзолияти хосиятҳои табобатии онҳоро тасдиқ мекунад.

Арзиши амалӣ ва татбиқи натиҷаҳо.

Барқарор ва истифодаи дубораи серитсин, ки маъмулан аз ҷониби саноати нассочӣ партофта мешавад, на танҳо нигарониҳои экологиро кам мекунад, балки арзиши баланди илмӣ ва тичоратӣ низ дорад.

Дар асоси таҳлили маълумотҳои адабиёт ва натиҷаҳои ин кор нишон дода шудааст, ки серитсинро барои ба вучуд овардани биоматериалҳои нави табиӣ ва интиқолкунандагони доруворӣ аз сабаби биодеградатсия, биомувофиқат ва захролудии пасти он метавон истифода бурд. Онҳоро метавон ҳамчун интиқолкунанда барои таъмини интиқоли самараноки доруҳо ва моддаҳои биоактивӣ ва омода кардани бастаҳои хӯрданбоби моддаҳои доругӣ (МД) ва ПФБ барои истифодаи фармасевтӣ ва ғизои функционалӣ истифода бурдан мумкин аст.

Мутобиқати мавзӯ ба шиносномаи ихтисос. Қисмати асосии тадқиқоти диссертатсионӣ ба шиносномаи ихтисоси 6D060606 – Пайвастаҳои фаромолекулӣ мувофиқи бандҳои 1, 5, 8 ва 9 муво-

фиқат мекунад (1... конформатсия, андоза ва шакли макромолекулаҳо, тақсимооти массаи молекулавӣ полимерҳо; 5. Таҳқиқоти сохторҳои молекулавӣ ва супрамолекули биополимерҳо 8... кор карда баромадани усулҳои нави омӯхтани хосиятҳои физикию химиявӣ ва дигар хосиятҳо; 9. Таҳияи мақсадноки маводҳои полимерӣ бо функцияҳои нав ва сохторҳои зехнӣ барои истифодаи онҳо, ки дорои хусусиятҳои мебошанд, ки соҳаҳои татбиқашонро дар бахшҳои гуногуни илм ва техника муайян мекунад).

Нуктаҳои асосие, ки барои дифоъ пешниҳод шудаанд.

- Таҳияи усули самараноки истеҳсоли серитсин бо нигоҳ доштани хосиятҳои он;
- омӯзиши сохтор ва таҳлили массаи молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинамикии серитсин дар маҳлулҳои сероб ва концентратӣ;
- фароҳам овардани шароити муносиб барои ба даст овардани микрокапсулаҳои устувор бо андозаи минималӣ, ки самаранок ПФБ-ро ба худ мегиранд;
- омӯзиши фаъолияти антиоксидантии микрокапсулаҳои ҳосилшуда, ки дорои ПФБ мебошанд;
- асосноккунии имконияти истифодаи серитсин ва композитҳои ба он асосёфта дар саноати хӯрокворӣ ва дорусозӣ.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада. Эътимоднокии натиҷаҳои бадастомадаро тақрорпазирӣ ва мувофиқати маълумотҳо бо истифода аз усулҳои физикӣ-химиявӣ таҳлил, бо истифода аз асбобҳо ва усулҳои муосир ва тавсияҳо оид ба истифодаи интиқолдиҳандаҳои биополимерӣ дар истеҳсоли хӯрокҳои функционалӣ ва дорусозӣ тасдиқ мекунад.

Тасвиби натиҷаҳои кор. Маводҳои асосии рисола дар конференсиҳои минтақавӣ, ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ гузориш, муҳокима ва баҳои мусбӣ гирифтаанд: Конфронси III-юми байналмилалии илмӣ «Рушди инноватсионии илм», 12 октябри соли 2024; дар конфронси VI-уми байналмилалии илмӣ «Масъалаҳои химияи физикӣ ва координатсионӣ», Душанбе, 15-16 майи соли 2024; Кон-

фронси XIII-уми Миллии илмӣ-амалӣ бо иштироки байналмиллалӣ «Технологияҳо ва маҳсулоти ғизоии солим», Русия, Саратов, 21 март 2024; IV-уми Мактаби кимиёгарони ҷавони давлатҳои аъзои ИДМ «Комёбиҳои муосири илм ва технологияи химия», Душанбе, 25 ноябр – 2 декабри соли 2023; 31-умин Конфронси байналмиллалӣ FFC, Ереван, Арманистон, 29 сентябр - 1 октябри соли 2023; ACS Fall 2023, 13-17 августи соли 2023, дар Сан-Франсиско, СА, ИМА. www.acs.org/meetings; Конфронси XII-уми Миллии илмӣ-амалӣ бо иштироки байналмиллалӣ «Технологияҳо ва маҳсулоти ғизоии солим», Саратов, 17-18 декабри соли 2021; Конфронси III-юми байналмиллалӣ илмӣ-амалӣ “Ҷанбаҳои тиббию биологӣ ва ғизоии технологияҳои наҷотбахши саломатӣ”, Кемерово, 28 апрели 2023; Конфронси V-уми байналмиллалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Мушкилоти муосири физика ва химияи полимерҳо», Душанбе, 10 октябри 2023; конференцияи республикавӣ бо иштироки байналхалқӣ, бахшида шудааст. 80-солагии рӯзи таваллуди Т. Морозкина, Минск, 29 майи соли 2020; Хониши XIV-XIX-уми Нӯмонов, Душанбе 2017-2024; Симпозиуми XII-уми байналхалқӣ «Мушкилоти актуалии химия, биология ва технологияи пайвастагиҳои табиӣ» (7-8 сентябри соли 2017, Тошкент).

Интишоорот. Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқот 33 корҳои илмӣ, бо ҳаҷми умумии 12.94 ҷ.ч. (муаллифӣ — 7.0 ҷ.ч.), аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои пойгоҳи байналмиллалӣ «Scopus», 9 мақола дар маҷаллаҳои рӯйхати КОА назди Президенти ҚТ ва ФР, 1 патенти ҚТ, 15 тезис дар маърузаҳои байналмиллалӣ ва 4 тезис дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ.

Саҳми шахсии муаллиф дар таҳлили адабиёти илмӣ, иштироки ӯ дар гузаштани масъалаҳо оид ба мавзӯи қори рисола, дар гузаронидани бевоситаи корҳои таҷрибавӣ, коркард, таҳлил ва тафсири натиҷаҳои бадастомада иборат аст.

Соҳтор ва ҳаҷми рисолаи илмӣ. Рисолаи илмӣ дар 156 саҳифаи матни хаттӣ, аз ҷумла 22 расм ва 15 ҷадвал оварда шудааст.

Рисолаи илмӣ аз муқаддима, чор боб, хулосаҳо ва рӯйхати библиографии аз 172 номгӯ иборат аст.

МУНДАРИҶАИ АСОСИИ ТАҲҚИҚ

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

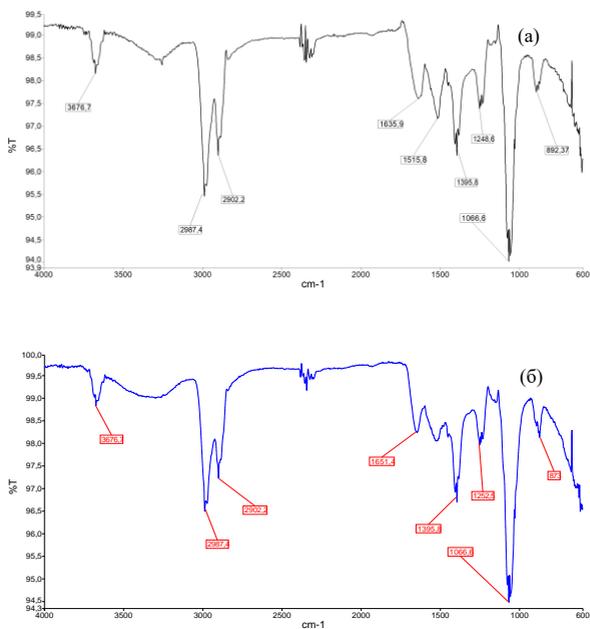
Дар боби якум маълумотҳои адабиётӣ дар бораи афзалиятҳои таракқиёти кирмакпарварӣ дар Тоҷикистон; таркиби химиявии пиллаи кирмак ва маълумоти охири дар бораи структура, хосият ва истифодаи серитсини абрешим ва маҳсулоти аз он асосёфта; инчунин маълумот дар бораи капсулятсиякунии ПФБ дар композитҳои биополимерӣ таҳлил карда мешаванд. Дар асоси таҳлили баррасии адабиёт ҳадаф ва вазифаҳои асосии рисолаи илмӣ муайян карда шудаанд.

Дар боби дуюм хусусиятҳои моддаҳои ибтидоӣ; усулҳои ба даст овардани протеини дар об ҳалшаванда (серитсин), таркиб ва сохти он; усулҳои миқдорӣ таҳлили серитсин; спектроскопияи ИС-Фурье; муайян кардани массаи молекулавӣ ва тақсими массаи молекулавӣ (ТММ) серитсин тавассути ХМБЭ; бо роҳи титркунии турбидиметрӣ муайян кардани ТММ сафеда; усули капсулизатсияи пайвастиҳои полифенолӣ (ППФ) дар системаи «равған дар об» (р/н), ки бо комплекси сафеда ва пектин устувор карда шудааст, оварда шудаанд.

Дар боби сеюм маълумот дар бораи чудо кардан ва тавсифи сафедаи серитсин аз партовҳои абрешим оварда шудааст. Таҳлили муқоисавии серитсини чудошуда аз пусти пилла тавассути шароитҳои зерини истихроҷ: (А) - дар маҳлули намакӣ; (В) – дар оби муқаттаршуда, инчунин ҳангоми истифодаи (чори кардани) усулҳои инноватсионӣ: варианти (С) – дар автоклав дар муддати кӯтоҳ ва (Д) – коркарди пешакии пилла бо ултрасадо бо истихроҷи минбаъда мувофиқи вариантҳои А ва В, гузаронида шудааст [12, 14, 30].

Қисми 3.2.2 сохтори дуумдараҷаи намунаҳои серитсинро, ки дар шароити гуногуни истихроҷ чудо шудаанд, бо истифода аз спектроскопияи ИС-Фурье, тавсиф мекунад [6, 12].

Хатҳои маъмулии чаббиси молекулаи сафедаи серитсин, ба монанди амид I ($1600-1700\text{ см}^{-1}$), амиди II ($1504-1582\text{ см}^{-1}$) ва амид III ($1200-1300\text{ см}^{-1}$), дар 1624.0 см^{-1} барои истихроҷи обӣ ва 1644.1 см^{-1} барои истихроҷи намакӣ муайян карда шудаанд. Хатҳои чаббидо барои амид II мутаносибан дар 1515.4 ва 1527.5 см^{-1} барои экстрактҳои обӣ ва намакӣ пайдо мешаванд. Барои амид III, қуллаҳои мувофиқ дар 1241.8 ва 1233.7 см^{-1} мушоҳида мешаванд (ниг. расми 3.4 дар рисола). Спектрҳои ИС-Фурйеи серитсин, ки дар ҳарорати баланд ва фишор дар автоклав (варианти С) бо об (расми 1 а) ва намак (расми 1 б) ба даст оварда шудаанд, аз спектрҳои экстрактҳои қаблӣ хусусиятҳои фарқкунанда доранд:



Расми 1. - ИС-Фурйе спектрҳои серитсини бо об (а) ва намак (б) дар автоклав истихроҷ карда шуда [6]

мавҷудияти хатҳои қавии чаббиси гурӯҳҳои озоди $-OH$ дар 3676.7 см^{-1} ва қуллаҳо дар 2987.4 ва 2902.2 см^{-1} , ба гурӯҳҳои OCH_3 ва $CH-$

алифатикӣ мутаносибан алоқаманд мебошанд ва дар ин шароит аз нав ташкил шудани макромолекулаи сафеда шаҳодат медиҳанд.

Ҷаббиши гурӯҳҳои карбоксилӣ барои амид I дар намунаи серитсини бо об истихроҷшуда 1635.9 см^{-1} ва серитсини бо намак гирифташуда 1651.4 см^{-1} мушоҳида мешавад. Макромолекулаи серитсин бо гетерогении конформатсионии занҷири полимерӣ тавсиф мешавад, ки метавонанд бахшҳои пай дар пай минтақаҳои α -спирал ва β -сохторро дар бар гиранд, ки таносуби онҳо вобаста ба миқдори об мебошад.

Ҳамин тариқ, таҳқиқоти сохтори дуҷумдараҷаи серитсин бо истифода аз спектроскопияи ИС-Фурье нишон дод, ки вобаста ба усули истихроҷ макромолекулаи серитсинро дар сохторҳои гуногун аз β -қабат то α -спирал пайдо кардан мумкин аст. Мавҷудияти қул-лаҳо дар 1624.0 см^{-1} ва 1644.1 см^{-1} , ки ба ларзишҳои валентии C=O-и амид I алоқаманданд, аз мавҷудияти баргаридоштаи сохтори β -қабат барои намуна аз истихроҷи обӣ ва сохтори ғалтаки тасодуфӣ барои истихроҷи намакӣ нишон медиҳанд. Истихроҷи сафеда бо маҳлули намак боиси кам шудани таносуби конформатсия β -қабат, ки аз ҳисоби пайвандҳои гидрогении гурӯҳҳои карбоксил ба вучуд омадааст, ба пайдоиши қуллар дар минтақаи 1651 см^{-1} мувофиқат мекунад, ки он ба α -спирал ва сохтори бетартиб мансуб аст.

Дар фасли 3.2.3. таҳлили массаи молекулавӣ ва ТММ серитсин оварда шудааст. Таҳлили муфассали натиҷаҳои ХМБЭ, ки бо истифода аз барномаи ASTRA (Wyatt Technology, ИМА) ба даст оварда шудаанд, дар ҷадвали 1 оварда шудааст, ки ҳосили зарраҳои чамъшуда (микрорел - MG, %), ки тавассути центрифугакунии маҳлули аввалаи сафеда ба даст оварда шудаанд (2 мг/мл), ҳосили намуна аз сутуни хроматографӣ (R, %), массаи миёнаи молекулавӣ (M_w , кДа), арзиши полидисперсӣ барои ҳар як фраксияи полимерӣ (M_w/M_n), часпакии хос ($[\eta]$) ва радиуси гидродинамикӣ ($R_h(w)$).

Қиматҳои часпакии хос ва радиуси гидродинамикӣ барои намунаи якуми ССУФ мувофиқи M_w додашуда тағир ёфтанд. Бо вучуди ин, арзиши баланди индекси полидисперсивӣ, арзишҳои пасти часпакии

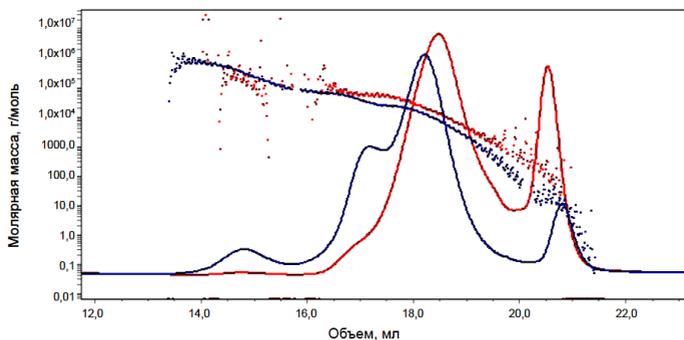
хос ва радиуси гидродинамикӣ барои намунаи дуҷоми ФУФ дараҷаи ба-ланди чамъшавии онро нишон медиҳад, ки эҳтимолан хангоми хушк кардани маҳлули филтрат ба вучуд омадааст.

Ҷадвали 1. - Ҳосили–MG, массан молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинами-кии намунаҳои серитсин [3].

Намунаҳои серитсин*	MG, %	R, %	M _w , кДа	M _w /M _n	[η] _w	Rh(w), нм
СФП Қулла-1	39.22	0.10	202.72	1.12	117.65	15.12
СФП Қулла-2		44.30	19.38	3.43	5.72	2.46
СФП Қулла-3		15.60	1.74	1.94	0.84	0.35
СУФ Қулла-1	25.34	3.53	296.80	1.38	69.12	14.74
СУФ Қулла-2		40.90	19.81	6.15	15.01	3.42
СУФ Қулла-3		4.90	0.12	1.92	2.91	0.28
ССУФ	29.56	72.00	53.10	2.16	7.90	3.30
ФУФ	31.84	63.50	32.90	5.66	3.20	1.90

* СФП – серитсин, ки пас аз консентронӣ бо фишори паст ба даст меояд; СУФ – серитсин, ки тавассути ултрафилтратсия ба даст меояд; ССУФ - қисми дар спирт ҳалшавандтӣ серитсини СУФ; ва ФУФ-филтрати серитсин пас аз ултрафилтратсия.

Дар расми 2 хроматограммаи ХМБЭ оварда шудаанд, ки аз намунаҳои серитсини СФП ва СУФ гирифта шудаанд.



Расми 2. - Профили элюатсионии ХМБЭ аз намунаҳои серитсини СФП (хати сурх) ва СУФ (хати кабуд) ва қачҳои ТММ онҳо, мутаносибан [3]

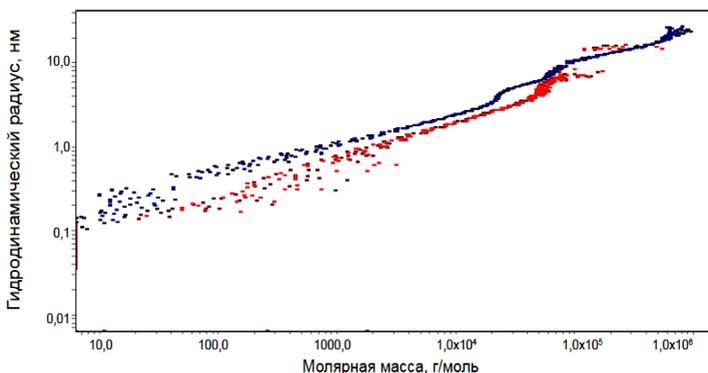
Тавре ки аз профили хроматограммаи ХМБЭ дида мешавад, намунаи СФП (расми 2, хати сурх) дар намуди ду кулла бо ТММ-ии васеъ чудо мешавад. Дар ин ҳолат, ТММ дар куллаи аввалини калон ғай-рисимметрист ва мавҷудияти китфи хурдро дар ибтидо нишон медиҳад, ки ҷой доштани фраксияи сеюмро тасдиқ мекунад. Ҳамзамон, профили элюатсионии намунаи СУФ (расми 2, хати кабуд) ҷудошавии чор фраксияи полипептидҳои серитсинро бо хатаи тақсимогии васеътари бисёр-модалӣ нишон медиҳад.

Қисми асосии фраксияи полипептидҳои серитсин, ки бо усулҳои нуногун чудо карда шудаанд, ба фраксияе рост меояд, ки бо куллаи дуҷои ҳарду намуна элюатсия шуда, 44.30 ва 40.90% миқдори ибтидоии сафедаи маҳлули серитсинро ташкил медиҳад. Ин фраксияҳо аз рӯи M_w , полидисперсӣ ва хусусиятҳои гидродинамикӣ чандон фарқ намекарданд. M_w барои ин фраксияҳо тақрибан якхела буд (19.41 ва 19.81 кДа), гарчанде ки ҳарду намунаҳо дар муқоиса бо фраксияҳои баланд ва пастмолекулавӣ полидисперсӣ буданд.

Фраксияи дар маҳлули обӣ-спиртӣ (ССУФ) ҳалшаванда полипептиди бо $M_w = 53.10$ кДа ва ТММ мономодалӣ буд. Фраксияи серитсин, ки аз филтри мембранавӣ бо гузаронандаги макромолекулаҳои аз рӯи массаи камтар аз 20 кДа, аз фраксияи қаблӣ аз ҷиҳати полидисперсӣ фарқ мекард ва $M_w = 32.90$ кДа дошт.

Илова бар ин, дар ин кор мо бо истифода аз барномаи ASTRA шакли молекулаҳои серитсини СФП ва СУФ-ро дар маҳлул арзёбӣ кардем. Нишебии хатти қач дар график (расми 3) имкон медиҳад, ки шакли макромолекулаи сафедаҳо баҳо дода шавад.

Барои серитсини СФП ва СУФ, нишебии мутаносибан ба 0.23 ва 0.26 баробар, конформатсияи қатшудаи сафедаро дар шакли сферикӣ нишон медиҳад, ки бори дигар ҷамъшавии ин сафедаро дар маҳлул бо концентратсияи омӯхташуда тасдиқ мекунад (1-2 мг/мл).



Расми 3. - Вобастагии радиуси гидродинамикӣ ($R_h(w)$) аз массаи молекулавӣ (графики конформатсионӣ) [3]

Ҳамин тариқ, ин натиҷаҳо маълумотро дар бораи таъсири омилҳои гуногун ба ассотсиатсияи макромолекулаҳои сафед дар маҳлул тасдиқ ва пурра мекунад. Маълумотҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки на танҳо параметрҳои раванди аз абрешим гирифтани серитсин массаи молекулавӣ ва рафтори агрегатсияи онро муайян мекунад, балки инчунин шароити аз маҳлул ҷудошавӣ, ба монанди ҳарорат, фишор ва дараҷаи концентратсияи он дар мембранаи ультрафилтратсионӣ муайян карда мешаванд. Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки полипептидҳои серитсин дар концентратсияи паст дар шакли β -конформатсияи ҷудошуда ҳастанд, аммо дар концентратсияи зиёда аз 1-2 мг/мл баҳам чамъ (агрегатсия) шуданро оғоз мекунад.

Қисми 3.2.4 ба таҳлили рафтори макромолекулаи серитсин дар маҳлули концентратӣ бахшида шудааст. Барои таҳлили ТММ-и макромолекулаҳои серитсин дар маҳлули концентратӣ усули титркунии турбидиметрӣ истифода шуд. Барои тадқиқот се намунаи серитсин истифода шудааст:

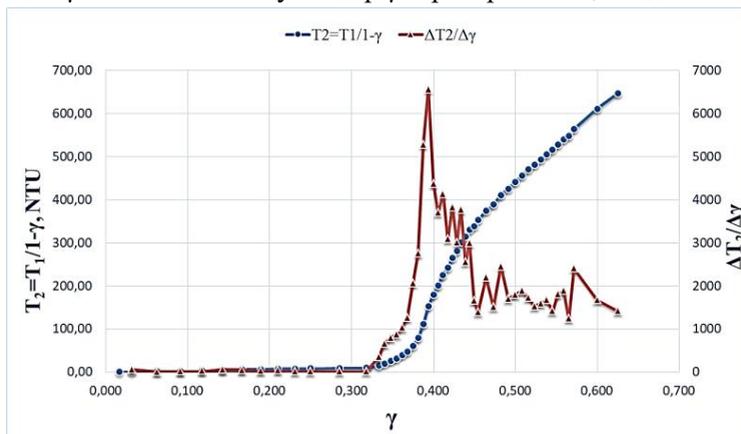
1. серитсини бо маҳлули 0.5% Na_2CO_3 (СН) истихроҷшуда ;
2. серитсини бо оби муқаттар истихроҷшуда (СО);
3. серитсини таҷрибавӣ, ки аз ҷониби «Sigma» истеҳсол шудааст.

Аз таҳлили қачхатаи вобастагии тирагии маҳлули серитсин аз ҳиссаи ҳаҷми таҳшинкунанда (ҳағти интегралӣ титркунии

турбидиметрӣ, расми 3.13, дар рисола) дар минтақаи ҳиссаи ҳаҷми тахшинкунанда (γ) дар ҳудуди 0.75-0.9 қачии шадид дорад, ки тақсимои танги ТММ макромолекулаҳои серитсини 1 ва фраксияҳои сафедаи дорои массаи молекулавии паст доштаро нишон медиҳад. Мувофиқи қачхатаи дифференсиалии титркунии турбидиметрӣ маълум кардан мумкин аст, ки серитсини 1 дорои 3 фраксияи макромолекулярӣ мебошад, ки ТММ танг доранд.

Бо зиёд шудани консентратсияи сафеда профили тақсимои макромолекулаҳо (расми 3.14, рисола) бо пайдо шудани қуллаи хурд дар γ баробар ба 0.78 то андозае тағир ёфт, ки таркиби сафедаи дорои массаи молекулавии зиёдтарро нишон медиҳад.

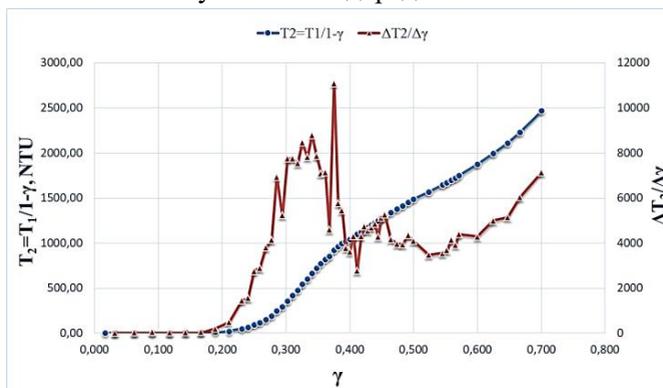
Дар расми 4 қачхатаҳои интегралӣ ва дифференсиалии титркунии турбидиметрии маҳлули серитсин 2 бо консентратсияи 0.45% нишон дода шудаанд. Тавре ки дида мешавад, бо афзоиши ҳиссаи тахшинкунанда γ , қачхатаҳои интегралӣ намуни ҳамвор доранд, ки пахншавии васеи ТММ-и макромолекулаи серитсини 2-ро нишон медиҳад, дар ҳаҷҳои дифференсиалии ТММ-и ин намуна қуллаи калон дар минтақа γ 0.35-0.41, се қулла дар минтақаи γ 0.42-0.45, ду қулла дар минтақаи γ 0.45-0.49 ва як қулла дар γ баробар ба 0.57, пайдо мешавад.



Расми 4. - Қачхатаҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалии ($\Delta T_2/\Delta \gamma$) титркунии турбидиметрии маҳлули серитсини 2 (консентратсияи серитсин 0.45%) [7]

Ҳангоми зиёд шудани концентратсияи серитсини 2 дар маҳлул (расми 5), фраксияҳои баландмолекулавӣ ҳатто барвақтгар ба таҳшиншавӣ шурӯъ мекунанд, мисли серитсини 1. Дар ин ҳолат зиёда аз чор фраксияи дорои массаи молекулавии баланд дар маҳлул ҷудо мешаванд: дар минтақаи γ 0.27-0.35, як қуллаи танг дар минтақаи γ 0.37, се қуллаи хурд дар минтақаи γ 0.42-0.49 ва афзоиши минбаъдаи тирагӣ то γ 0.7.

Ҳамин тариқ, ҳангоми таҳлили маълумотҳои бадастомада ва маълумоти адабиёт ба хулосае омадан мумкин аст, ки серитсини 1, ки бо маҳлули намакӣ гирифта шудааст, асосан аз фраксияҳои пастмолекулярӣ бо массаи молекулавии камтар аз 20 қДа иборат буда, тақсимои массаи молекулавии танг дорад.



Расми 5. - Качхатаҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалии ($\Delta T_2/\Delta \gamma$) титркунии турбидиметрии маҳлули серитсини 2 (концентратсияи серитсин 0.94%) [7].

Дар ҳоле ки ба серитсини тавассути экстраксияи обӣ ба дастомада тақсимои васеи массаи молекулавӣ хос аст, ки дар таркиби он макромолекулаҳо аз 20 то 200 қДа буда метавонанд. Чунон ки дар мавриди мо, фраксияи миёнаи серитсин бо M_w 60-100 қДа, ки бо об гирифта шудааст, дар намунаҳои омӯхташуда фраксияи сафедаи баргаридошта буд. Намунаи тичоратии 3 аз «Sigma» инчунин дорои сафеда бо массаи

молекулавии паст ва ТММ-и танг буд.

Дар боби чорум маълумот дар бораи истифодаи серитсин ҳамчун маводи композитсионӣ дар системаи интиқоли моддаҳои доругӣ, хангоми омехта бо дигар полимерҳои табиӣ ё синтетикӣ оварда шудааст. Серитсинро бо маводи органикӣ (полимерҳои синтетикӣ, биополимерҳо, хучайраҳо, сафедаҳо, ферментҳо, карбогидратҳо, доруҳо ва ғ.), ғайриорганикӣ (нанозарраҳои металлӣ, рангҳои лазерӣ, нуқтаҳои квантӣ ва ғайра) ё биоминералҳои табиӣ ва гидроксипатити биоминералӣ барои ҳосил кардани нанокристаллҳои андоза ва морфологияҳои гуногун, омехта мекунад. Ин интиқолдиҳандаҳоро барои интиқоли мақсадноки доруҳо ба монанди пептидҳо, ДНК ва РНК ба минтақаи заррида, истифода бурдан мумкин аст.

Бахши 4.2. ба омӯхтани раванди ба вучуд омадани микрокапсулаҳои дукабата дар асоси комплекси серитсин ва пектин дар системаи эмулсионии Р/О бе истифодабарии пайвастиҳои сатҳӣ фаъол, ки МД ва ПФБ-ро самаранок ба худ гирифта метавонанд, бахшида шудааст.

Объектҳои тадқиқот инҳо буданд: пектини камметилонидашуда (ПКМ) аз помосаи себ бо миқдори кислотаи галактуронӣ (КГ, %) 58.6, дараҷаи этерификатсия (ДЭ, %) 38.0 ва массаи молекулавӣ (M_w) 110.2 кДа (минбаъд ПКМС номида мешавад); инулин, ки аз лӯндаи решаи топинамбур (ноки заминӣ) гирифта шудааст [4]; протеини серитсин (СРТ), ки бо маҳлули ишқорӣ (маҳлули 0.5% Na_2CO_3) [12, 29, 30] аз пиллаи кирмаки абрешим (*Bombyx mori*) истихроҷ шудааст. Массаи миёнаи молекулавии серитсин (M_w) аз ҷониби ХМБЭ муайянкардашуда 24.0 кДа буд [3, 16, 19].

Ба сифати ПФБ, ППФ-и прополис аз хочагии занбӯри асал дар ноҳияи Ёвон ва пӯсти аноре, ки дар хочагиҳои дехоти Ҷумҳурии Тоҷикистон парваришшуда, бо роҳи экстраксия бо маҳлули 70%-и этанол гирифта шудаанд, истифода шудааст [15, 17].

Микрокапсулаҳо бо усули ташаккули думарҳилавӣ дар эмулсияи равшан дар об, дар таносуби гуногуни серитсин ва пектин ба даст оварда шудаанд.

Шумораи зарраҳо ва андозаи онҳо дар микроскопи *OLYMPUS*

BX53 (OLYMPUS U-TR30-2, Япон) бо истифода аз барномаи компютери *OLYMPUS cellSens Standard* муайян карда шуд. Андозаи зарраҳо диаметри миёнаи ҳаҷмӣ-вазӣ d_{43} -ро ифода менамуд.

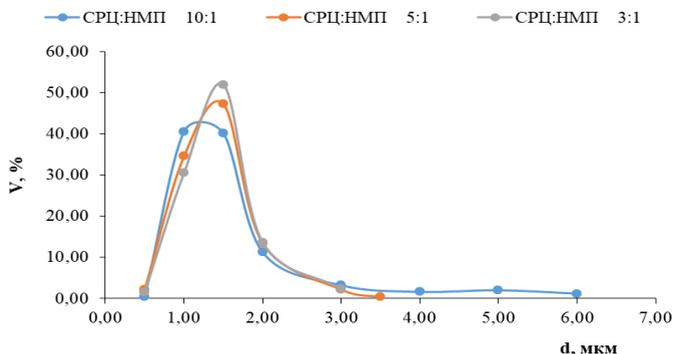
Ҳама тачрибаҳо ду маротиба, дар баъзе мавридҳо се маротиба бо истифода аз эмулсияҳои нав омодашуда гузаронида шудаанд, натиҷаҳо ҳамчун миёнаи стандартӣ ҳисоб карда мешаванд. Натиҷаҳои ҳисоб кардани диаметри миёнаи микрокапулаҳо ва ҳиссаи ҳаҷми зарраҳо (V, %) барои таносуби гуногуни СРТ:ПКМС дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

Қаҷхатаҳои вобастагии диаметри миёна d_{43} ва ҳиссаи ҳаҷмии зарраҳои (тақсироти микрорарраҳо) қабаи кремий дар системаи эмулсионии серитсин ва пектини КМ бо таносуби вазнии СРТ/ПКМС: 10:1, 5:1 ва 3: 1 дар расми 6 оварда шудааст.

Ҷадвали 2. - Андозаи миёнаи микрокапулаҳои эмулсионӣ (d_{43}) ва ҳиссаи ҳаҷми зарраҳо (V, %) барои таносуби гуногуни СРТ:ПКМС [1, 9, 21].

СРТ/ПКМС 10:1		СРТ/ПКМС 5:1		СРТ/ПКМС 3:1	
d_{43} , мкм	V, %	d_{43} , мкм	V, %	d_{43} , мкм	V, %
0.50	0.40	0.50	2.18	0.50	1.56
1.00	40.56	1.00	34.55	1.00	30.47
1.50	40.16	1.50	47.27	1.50	51.95
2.00	11.24	2.00	13.45	2.00	13.67
3.00	3.21	3.00	2.18	3.00	2.34
4.00	1.61	3.50	0.36		
5.00	2.01				
6.00	1.20				

Аз маълумотҳои ҷадвали 2 ва расми 6 маълум мешавад, ки таносуби максималии микрорарраҳо тахминан аз 11,0 то 52,0 ба популятсияи андозаи 1-2 микрон рост меояд. Бо паст шудани таносуби сафеда/пектин максимум то андозае ба суи зарраҳои калон мегузарад, аммо тақсироти онҳо шакли мономодалиро мегирад.



Расм 6. - Качхатахоп тапсамію мікрэзарчахоп қабаты кремй дар сістэмаі эмулсіоніі серітсіна ва пекціні КМ бо таносубі вазніі СРТ/ПКМС: 10:1, 5:1 ва 3:1. [18, 19, 21, 24, 28]

Бо істифода аз тэхнолагіяі нав, мікракапсулахоп эмулсіоніі дар асосі протеіні серітсіна ва ПКМС бароі інкапсуляціяі ППФ омода шуданд. Дар чадвалаі 3 хусусіятхоп мікракапсулахоп эмулсіоніі, кі дар асосі комплексі пекціні КМ себ бо сафедаі серітсіна (СРТ) бо істифода аз тэхнолагіяі нав омодашуда, кі дороі моддаі фаёлі ППФ мебошанд, оварда шудаанд.

Чадвалаі 3. - Хусусіятхоп мікракапсулахо дар сістэмаі СРТ/ПКМС [5, 27].

Таносубі вазніі СРТ/ПКМС, г/г	Таносубі молярй. СРТ/ПКМС, моль/моль	Ҳачмі эмулсіяхо дар рӯзі омодашуда, мл	Ҳачмі эмулсіяхо дар рӯзі шашум, мл	d_{43} , мкм	Міқдори ППФ дар мікракапсулахо, %
1:1	1.17	18.7	15.7	5.65	42.81
3:1	3.50	18.4	18.4	5.67	47.43
5:1	5.80	15.4	15.4	6.79	46.29
10:1	11.70	17.4	13.4	7.14	37.99

Нишон дода шудааст, кі ҳачмі эмулсіяхо дар таносубі гуногун чанд рӯз устувор мемонанд ва бо зиёд шудани ҳиссаі протеіні серіт-

син дар системаи СРТ/ПКМС устувории эмулсия зиёд шуда, дар таносуби молярии сафеда/пектин ба 3.5 баробар ба қимати максималии худ мерасад ва боз меафтад. Инчунин, адсорбсияи ППФ аз ҳадди максималӣ мегузарад, ки ба 47.23% мерасад ва бо афзоиши таносуби молярии СРТ/ПКМС то 37.99% коҳиш меёбад.

Ҳамин тариқ, дар натиҷаи тадқиқоти гузаронида, мо шароитҳои оптималии ба даст овардани микрокапсулаҳои устувор дар системаи эмулсионии равшан/обро дар таносуби гуногуни СРТ/ПКМС бо андозаи минималӣ ва шумораи максималии заррачаҳо дар воҳиди ҳаҷм, ки азҳудкунии самараноки ПФБ-ро доранд, пайдо кардем. Серитсинаи абрешим қодир аст эмулсияҳои устуворро бо ПКМС дар доираи васеи таносуби СРТ/ПКМС аз 1-10 ташкил кунад.

Дар баҳши 4.3.2. арзёбии фаъолияти антиоксиданти (ФАО) микрокапсулаҳои эмулсионӣ бо ППФ, ки бо комплекси серитин ва пектин устувор карда шудааст, дода мешавад. Фаъолияти антиоксидантии экстракти полифенолӣ пеш аз инкапсуляция ва пас аз он бо истифода аз таҳлили DPPH арзёбӣ карда шуд. Маълумотҳо дар ҷадвали 4 оварда шудааст.

Ҷадвали 4. - Фаъолияти антиоксидантии (ФАО) микрокапсулаҳои эмулсионӣ бо пайвастагиҳои полифенолии (ППФ) прополис, ки тавасути истихроҷ бо маҳлули 70% этанол ба даст оварда шудааст [5].

Намуна	Сербкунӣ*	D _{517 нм} (ар.миёна)	ФАО, %
ППФ экстракт аз прополис*	1:10	0.147	54.32
	1:30	0.122	62.03
	1:50	0.117	63.71
	1:100	0.119	62.84
Эмулсияи назоратӣ (СРТ/ПКМС 5:1)	1:10	0.293	9.01
	1:30	0.278	13.66
	1:50	0.263	18.32
	1:100	0.258	19.88
СРТ/ПКМС 10:1	1:10	0.044	86.34
	1:30	0.041	87.27
	1:50	0.037	88.51

Давоми ҷадвали 4.

	1:100	0.027	91.61
СРТ/ПКМС 5:1	1:10	0.052	83.85
	1:30	0.046	85.71
	1:50	0.033	89.75
	1:100	0.029	90.99
СРТ/ПКМС 3:1	1:10	0.049	84.78
	1:30	0.039	87.89
	1:50	0.028	91.30
	1:100	0.023	92.86
Маҳлули тафтишотӣ		0.322	

*маҳлули ибтидоии пайвастагиҳои полифенолӣ бо консентратсияи 5 мг/мл бо спирти этилии 70% сероб карда шудааст.

Тавре ки аз маълумоти ҷадвали 4 дида мешавад, ППФ аз прополис истихроҷшуда ФАО-и 54.32% нишон дод, вақте ки маҳлулҳо сероб карда мешаванд, ФАО каме зиёд шуда, дар 30- ва 100-карата серобкунӣ доимӣ монданд, ки бо ҳалшавандагии ППФ дар маҳлули обӣ-спирӣ алоқаманд аст. ФАО-и микрокапулаҳои эмулсионӣ бидуни ППФ дар таркибашон арзиши пасти боздошти аз радикалии DPPH-ро 9.01% нишон дод ва бо 100-карата серобкунӣ ин арзиш ба 19.88% расид.

Мо дарёфтем, ки инкапсулятсияи ППФ дар шакли эмулсия дар системаи “равған дар об” дар ҳолати ибтидоӣ фаъолияти антиоксидантии ночиз ($P < 0.05$) нишон дод. Дар мавриде, ки ҳангоми 10-карата серобкунӣ, ППФ-и инкапсулятсияшуда дар микрокапулаҳои эмулсионӣ, ки бо протеини серитсин ва пектини себ устувор карда шудааст, ба арзишҳои баланди монешавии радикалии DPPH мусоидат кард. Пас аз сероб кардани эмулсия бо об, фоизи боздошти радикалҳои озод аз ҳисоби пурзӯршавии паҳншавии ППФ аз микрокапулаҳо ба таври назаррас меафзояд. Ин тамоюли афзоиши фаъолият барои эмулсияҳои дорои таносуби гуногуни СРТ/ПКМС тақрибан яхела аст: ФАО-и микрокапулаҳо аз $78 \pm 1.7\%$ ҳангоми 10-карата серобкунӣ то $92 \pm 1.2\%$ меафзояд,

бо мурури серобкунӣ фаъолнокии баланд нигоҳ дошта мешавад, ҳатто бо 100-карата серобкунии эмулсияҳо.

Ҳамин тариқ, дар натиҷаи тадқиқот, мо дарёфтем, ки экстрактҳои прополис дорои миқдори зиёди ППФ ва флавоноидҳо мебошанд. ППФ, ки дар шакли микрокапулаҳои эмульсионӣ капсулшуда, бо протеини серитсин ва пектини себ устувор карда шудааст, бо концентратсияи минималии ППФ фаъолияти антиоксидантии баланд нишон дод, ки нигоҳ доштани хосиятҳои табобатии онҳоро тасдиқ мекунад. Муайян карда шуд, ки истеҳсоли эмулсия бо дараҷаи баланди инкапсулятсияи пайваस्ताгиҳои полифенолӣ, ки 100 маротиба сероб карда шудааст, фаъолияти баланди антиоксидантӣ нишон дод, ки бо ҳалшавандагии ППФ ва аз микрокапулаҳо паҳн шудани онҳо алоқаманд аст.

ХУЛОСАҲО

1. Усули самарабахши коркарди серитсин аз партовҳои абрешим бо роҳи истихроҷи обӣ дар автоклав дар ҳарорати баланд ва муддати кӯтоҳ таҳия шудааст, ки дорои сохтори муайян ва қодир аст эмулсияҳоро дар системаи «равған/об» бо моддаи фаъол капсулшуда устувор созад [1-М, 9-М, 12-М, 14-М, 26-М, 27-М, 28-М, 29-М].
2. Нишон дода шудааст, ки бо роҳи дар автоклав бо об истихроҷ кардани серитсин дар давоми 7 дақиқа, серитсини босифати дорои массаи молекулаи баланд ба даст овардан мумкин аст [12-М, 14-М].
3. Сохтори дуумдараҷаи серитсин бо усули спектроскопияи ИС-Фурйе омӯхта шудааст. Бори аввал мавҷудияти сохтори β-қабат барои намуна бо об истихроҷ шуда ва сохтори ғунҷаи тасодуфӣ барои намунаи бо намак чудошуда муқаррар карда шуд [6-М, 14-М].
4. Массаи молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинамикии серитсин дар маҳлул тавассути усули ХМБЭ таҳлил карда шуданд. Муайян карда шуд, ки полипептидҳои серитсин дар 3 гуруҳи макромоле-

- кулаҳо чудо (элюта) мешаванд, ки қисми асосии онҳо ба фраксияи дуюм, ки массаи молекулавиашон ба 19.4 – 19.8 кДа рост меояд [3-М, 4-М, 7-М].
5. Муқаррар карда шудааст, ки ба нишондиҳандаи массаи молекулавӣ ва рафтори агрегативии серитсини абрешим ҳам параметрҳои раванди истихроҷ ва ҳам шароити аз маҳлул чудо кардани он таъсир мерасонанд [4-М, 14-М, 16-М, 19-М, 26-М, 29-М].
 6. Нишон дода шудааст, ки полипептидҳои серитсин дар маҳлули сероб дар шакли β -конформатсия мавҷуданд ва дар концентратсияи баланд (аз 1-2 мг/мл боло), онҳо ҳам мешаванд. Таҳлили рафтори полипептидҳои серитсин дар маҳлули ғилзатшуда (4-10 мг/мл) фарзияи баҳамҷамъшавии макромолекулаи серитсинро тасдиқ мекунад [3-М, 7-М, 14-М, 33-М].
 7. Шароитҳои оптималии ба даст овардани микрокапулаҳои устувор дар системаи эмулсионии равшан/об, дар таносубҳои гуногуни серитсин/пектин муайян карда шуданд. Ин шароитҳо андозаи минималии капсула ва шумораи максималии зарраҳо дар воҳиди ҳаҷм таъмин мекунад, ки моддаҳои фаъоли биологиро самаранок ба худ мегиранд [1-М, 8-М, 13-М, 20-М, 21-М].
 8. ППФ дар дохили микрокапулаҳои эмулсионӣ, ки бо протеини серитсин ва пектини себ устувор карда шудаанд, бо концентратсияи минималӣ фаъолияти баланди антиоксидантӣ нишон доданд, ки хосиятҳои табобатии онҳоро тасдиқ мекунад [5-М, 10-М, 17-М, 22-М].
 9. Имконияти истифодаи серитсин ва композитҳои аз он бунёдшуда дар саноати хурокворӣ ва дорусозӣ асоснок карда шуд.

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо

Интиқоли моддаҳои доругӣ (МД) ва ПФБ бар рӯда як ҷанбаи калидии тиббӣ муосир аст, зеро он метавонад самаранокӣ ва бехатарии ин моддаҳо бехтар кунад. Аммо ин раванд бо як қатор душвориҳо, аз ҷумла баргараф кардани монеаҳои биологӣ, таъмини

устувории МД ва ПФБ, хусусияти ба ҷои таъиншуда расонидани онҳо ва кам кардани захролудшавӣ ҳамроҳӣ мекунад.

Яке аз технологияҳои афзалиятноки интиқоли МД ва ПФБ истифодаи микро- ва наноматериалҳо мебошанд, ки онҳоро бо назардошти хусусиятҳои додасуда, ба монанди андоза, шакл, сохтори химиявии сатҳ ва фаъолияти функционалӣ дақиқ тарҳрезӣ кардан мумкин аст.

Серитсин барои интиқоли доруҳо ва маҳсулоти косметикӣ, махсусан ҳангоми пайвастан бо дигар полимерҳои табиӣ ё синтетикӣ маводи инноватсионӣ мебошад.

Дар кори гузаронидашуда шароитҳои оптималии ташаккули микрокапулаҳои устувор дар системаи эмулсионии “равған/об” бо таносуби гуногуни серитсин/пектин муайян карда шуд. Ин шароитҳо имкон медиҳанд, ки микрокапулаҳо бо андозаи минималӣ ва консентратсияи максималии зарраҳо дар воҳиди ҳаҷм ҳосил карда шаванд, инкапсулятсияи самарабахши ППФ-ро, ки барои тайёр кардани маҳсулоти хӯроквории функционалӣ, ғанигардонии маҳсулоти хӯрокворӣ бо антиоксидантҳо ва витаминҳо истифода бурдан мумкин аст, таъмин намоянд.

Имкониятҳои истифодаи комплекси сафеда-полисахарид ҳамчун воситаи инкапсулятсия ва интиқоли моддаҳои фаъоли биологӣ, моддаҳои ғизодор ва моддаҳои доруворӣ имкон медиҳад, ки натиҷаҳои ин кор дар саноати хӯрокворӣ, косметикӣ ва дорусозии Ҷумҳури ва минтақаҳои ҳамсоя ҷорӣ карда шаванд.

РҶҶҲАТИ АДАБИЁТ ДАР МАВЗҶИ РИСОЛАИ ИЛМӢ

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

[1-М] Шерова З.У. Эмульсионные микро- и нанокапсулы в системе LgC/пектин с эфирным маслом лаванды *Lavandula angustifolia*, стабилизированные ультразвуком / Ш.Р. Алиева, Г.А. Кодирова, З.У. Шерова, С.Р. Усмонова, З.К. Мухидинов. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2024. - Т.14, № 4. - С. 482-494. <https://doi.org/10.21285/achb.944>

[2-М] Sherova Z. U. A new approach to the treatment of acute infection diseases with antibiotic-pectin formulae / Z. K. Muhidinov, J.T. Bobokalonov, R. S. Kimatov, E. R. Rahmonov, G. I. Komilova, Z. U. Sherova, L. S. Liu // The Journal of Infection in Developing Countries. -2024. – V. 18, - №3. - P. 407-419. DOI: <https://doi.org/10.3855/jidc.18473>

[3-М] Шерова З.У. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение белка серицина, экстрагированного из отходов коконов *Bombyx mori* / З.У. Шерова, А.С.Насриддинов, Ш.Ё.Холов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2022. - Т. 12. - № 4. - С. 547–556. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-547-556> .

[4-М] Шерова З.У. Макромолекулярный состав инулина различного происхождения в концентрированном растворе / А.И. Ашуров, З.У. Шерова, А.С. Насриддинов, С.Р. Усманова, Х.И. Икромии, З. К. Мухидинов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2022. - Т. 12. № 2. - С. 279–290. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-279-290>

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

[5-М] Шерова З.У. Антиоксидантная активность эмульсионных микрокапсул, содержащих полифенольные соединения из прополиса / З. У. Шерова, Шабнами Хуршед, Б. С. Ёрова, С. Р. Усманова, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов // Вестник Технологического университета Таджикистана. - 2024. - № 4 (59). - С. 80-88.

[6-М] Шерова З.У. Изучение структуры образцов серицина из коконов тутового шелкопряда (*Bombyx mori*), экстрагированные при различных условиях методом ИК-фурье спектроскопии / З. У. Шерова, Шабнами Хуршед, А. И. Ашуров // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2024. – Т. 1. - № 4(43). – С. 67-79.

[7-М] Шерова З.У. Макромолекулярный состав серицина коконов шелкопряда (*Bombyx mori*) в концентрированном растворе / З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2024. – Т. 1. - № 3(41). – С. 99-110.

[8-М] Шерова З.У. Влияние соотношения биополимеров на стабильность эмульсионных микрокапсул пектина и лактоглобулина молочной сыворотки / З. У. Шерова, М. А. Олимов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. - 2023. - Т. 1. - № 3 (33). - С. 66-75.

[9-М] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и макрокапсулы эфирного масла лаванды / Ш.Р. Алиева, З.У. Шерова, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Вестник филиала МГУ имени М. В. Ломоносова в городе Душанбе. - 2023. - Т. 1. - № 1 (29). - С. 84-92.

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

[11-М] Шерова З.У. Инкапсулирование эфирного масла *THYMUS VULGARIS*, произрастающего в Таджикистане, эмульсионным способом / С. Р. Усманова, З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов // Актуальная биотехнология. - 2020. - № 3 (34). - С. 618-621.

[12-М] Шерова З.У. Сравнительный анализ серицина, экстрагированного водным и соевым растворами / З. У. Шерова, А. Б. Ишматов, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Доклады АНРТ. - 2018. - Т. 61. - № 1. - С. 54-58.

[13-М] Шерова З.У. Изучение полифенольных соединений корнеклубней Эремурса Гиссарского (*E Hissaricus*) методом капиллярного зонного электрофореза / Д. Т. Бобокалонов, С. Р. Усманова, И. Б. Исмоилов, З. У. Шерова // Актуальная биотехнология. - 2018. - № 3 (26). - С. 274-278.

III. Патентҳо оид ба ихтироот

[14-М] Шерова З.У. Патент ТҶ 1570 Республики Таджикистан. Способы выделения серицина из отходов коконов тутового шелкопряда / З. К. Мухидинов, З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Д. Т. Бобокалонов, А. И. Ашуров. –НПИЦентр РТ, 2024. Блю. № 215.

IV. Рӯйхати корҳо дар маҷаллаҳои конференси байналмилалӣ

[15-М] Шерова З.У. Состав полифенольных соединений образца прополиса методом капиллярного зонного электрофореза / З.У. Шерова, Дж. Т. Бобокалонов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Сборник материалов III Международной научной конференции «Инновационное развитие науки», 12 октября 2024 г., г. Душанбе, Республика Таджикистан. - С. 14-16.

[16-М] Шерова З.У. Макромолекулярный состав белка серицина, экстрагированного из отходов коконов тутового шелкопряда (*Bombix mori*) / З. У. Шерова, Ш. Ё.Холов, З. К. Мухидинов // Сборник статей VI международной научной конференции: «Вопросы физической и координационной химии», - Душанбе, 2024. - С. 122-127.

[17-М] Шерова З.У. Инкапсулирование полифенольных соединений из корок граната / З. У. Шерова, Ш. Хуршед, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с

международным участием «Технологии и продукты здорового питания». - Саратов: Вавиловский университет, 2024 г. - С. 372-376.

[18-M] Sherova Z.U. Microencapsulation of bioactive compounds for the creation of functional foods / Z. U. Sherova, Kh. Ikromi, J. T. Bobokalonov, Z. K. Muhidinov // 31st International Conference of FFC, September 29- October 1st, 2023. - Yerevan, Armenia, 2023. - P. 281-282.

[19-M] Шерова З.У. Молекулярная масса и конформационные изменения макромолекулы серицина в растворе / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, И. Б. Исмоилов, Д. Х. Холиков, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции на тему «Современные проблемы физики и химии полимеров», 10 октября 2023 года. – Душанбе, 2023. – С. 22-25.

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

[21-M] Шерова З.У. Эмульсионные макрокапсулы серицин-пектин для систем доставки лекарственных веществ и пищевых ингредиентов / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // III Международная научно-практическая конференция «Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий», 28 апреля 2023г. – Кемерово, 2023. – С. 25-29.

[22-M] Шерова З.У. Антиоксидантная активность эмульсионных нано- и макрокапсул эфирных масел / Ш. Р. Алиева, З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Г. С. Кодирова, Ф. С. Шаропов, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции «XIII Ломоносовские чтения», посвященной 115-летию академика Бободжона Гафурова (28-29 апреля 2023 года). Часть III. Естественные науки. – Душанбе, 2023. - С.134-139.

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

[24-M] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и макрокапсулы серицин-пектин как система доставки биологически активных веществ / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Мат.научно-практической конференции с международным участием «Достижения и проблемы фундаментальной науки и клинической медицины», пос.30-летию Государственной независимости Республики Таджикистана «Годам развития села, туризма и

народных ремёсел (2019-2021)», ТГМУ им. Абуали ибни Сино.- Душанбе, 2021г. - С. 679.

[25-М] Шерова З.У. Профилактические продукты на основе пектина / З. У. Шерова, Ш. Р. Алиева, С. Р. Усманова // Сборник статей, докладов и материалов II-ой Международной научно-практической конференции «Роль женщин-ученых в развитии науки, инноваций и технологий», 16.08.2021 -20.08.2021, г. Гулстан. - С. 188-194.

[26-М] Шерова З.У. Количественное изучение комплекса белков молочной сыворотки и яблочного пектина методом капиллярного электрофореза / С. Р. Усманова, З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, Дж. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Тезисы докладов участников Международной конференции «Физико-химическая биология как основа современной медицины», 21 мая 2021г. – Минск, 2021. - С. 306- 307.

[27-М] Шерова З.У. Микрокапсулы на основе белка серицина и яблочного пектина с антиоксидантной активностью / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, Ш. Р. Алиева, З. К. Мухидинов // Сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания» / Под общей ред. Неповинных Н.В., Поповой О.М., Фатьянова Е.В. – Саратов: СГАУ. - 2021. - С. 802-809.

[28-М] Шерова З.У. Микрокапсулирование полифенольных соединений на основе серицина и пектина / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Физико-химическая биология как основа современной медицины. Тезисы докладов участников Республиканской конференции с международным участием, 29 мая 2020г. - Минск, 2020. - С. 236- 237.

[29-М] Sherova Z.U. Physicochemical characteristics of sericin extracted by water and alkaline solutions / Z. U. Sherova, A. B. Ishmatov, Z. K. Mukhidinov // XII International Symposium "Actual problems of chemistry, biology and technology of natural compounds", September 7-8, 2017. - Tashkent, 2017. - P.265.

V. Рӯйхати корҳо дар маҷаллаҳои конфронси ҷумҳуриявӣ

[30-М] Шерова З.У. Выделение белка серицина из коконов тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) / З. У. Шерова, А. И. Ашуров, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XIX Нумановские чтения «Развитие фундаментальной и прикладной химии и её вклад в индустриализацию страны», Душанбе, 16-октября 2024 г.– Душанбе, 2024. - С.238-243.

[31-М] Шерова З.У. Нано- и макрокапсулы на основе серицина/пектина / З. У. Шерова, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Материалы XVI Нумановские чтения «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», 27-октябрь 2021 г. – Душанбе, 2021. - С.121-124.

[32-М] Шерова З.У. Эмульсионные нано- и микрокапсулы на основе низкометилизованного пектина и лактоглобулина / С. Р. Усманова, З. У.

Шерова, Д. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Материалы XV Нумановские чтения «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан», 24-октябрь 2019 г. – Душанбе, 2019. - С.114-116.

[33-М] Шерова З.У. Сравнительный анализ выхода серицина из коконных оболочек при различных условиях экстракции / З. У. Шерова, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, А. Б. Ишматов, З. К. Мухидинов // Материалы XIV Нумановские чтения, «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», 22-ноября 2017 г.- Душанбе, 2017. - С.153-155.

АННОТАЦИЯ

На автореферат диссертации **Шеровой Замиры Умаралиевны** на тему “Экстракция и характеристика серицина из шелковых отходов и композиционные материалы на его основе” на соискание соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060600 – Химия (6D060606 – Высокомолекулярные соединения)

Ключевые слова: серицин, пектин, полифенольные соединения (ПФС), молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, эмульсионные микрокапсулы.

Цель работы: разработка эффективного способа получения серицина путем утилизации шелковых отходов и его характеристика для дальнейшего использования в качестве композиционного материала.

Методы исследования: традиционные методы экстракции с применением воды и солей, новые методы экстракции – флэш-метод и экстракция белка с применением ультразвука и др., высокоэффективная эксклюзионная жидкостная хроматография (ВЭЭЖХ), ИК-Фурье спектроскопия, микроскопия, турбидиметрическое титрование, вискозиметрии и др.

Научная новизна работы: разработан эффективный метод получения серицина водной экстракцией в автоклаве за короткое время; исследована вторичная структура серицина методом ИК-Фурье спектроскопии; впервые установлено существование структуры β -листа для образца из водного экстракта и структуры случайных клубков для щелочного экстракта; проведён анализ молекулярной массы и гидродинамических свойств серицина в растворе методом ВЭЭЖХ, обнаружено, что основная часть полипептидов серицина элюируется в 3-х макромолекулярных популяциях, со средним значением (M_w) 19.4 – 19.8 кДа; разработаны оптимальные условия формирования стабильных микрокапсул в эмульсионной системе стабилизированными комплексом серицин/пектин, с минимальным размером, эффективно захватывающие ПФС.

Практическая ценность и реализация результатов: показано, что серицин может найти применение для создания новые природные биоматериалы и носители лекарств из-за их биоразлагаемости, биосовместимости, и низкой токсичности, а также и для приготовления съедобные упаковки ЛВ и БАС для фармацевтического применения и функциональной пищи.

Публикации: По результатам исследования опубликовано 33 научных работ, в том числе 4 статьи в журнале международной базы «Scopus», 9 статей в журналах из Перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации, 1 патент РТ. Основные результаты работы доложены на 4 республиканских и 15 международных конференциях.

Область применения: пищевая промышленность и биомедицина.

АННОТАТСИЯ

ба автореферати рисолаи **Шерова Замира Умаралиевна** дар мавзӯи “Истихроч ва тавсифи серитсин аз боқимондаи пиллаи абрешим ва маводҳои композитсионӣ аз асоси он” барои дарёфти унвони илмии доктори фалсафа (PhD) аз рӯи ихтисоси 6D060600 – Химия (6D060606 – Пайвастаҳои фаромолекулӣ)

Калидвожаҳо: серитсин, пектин, пайвастагиҳои полифенолӣ (ППФ), массаи молекулавӣ, тақсимои массаи молекулавӣ, микрокапсулаҳо.

Мақсади кор: коркарди усули самарабахши истеҳсоли серитсин тавассути коркарди партовҳои абрешим ва тавсифи он барои истифодаи минбаъда ҳамчун маводи композитӣ.

Усулҳои тадқиқот: усулҳои анъанавии истихроч бо истифода аз об ва намак, усулҳои нави истихроч - усули флеш ва истихрочи сафедаҳо бо истифода аз ултрасадо ва ғ., хроматографияи моеъи баландсифати эксклюзионӣ (ХМБЭ), спектроскопияи инфрасурхии Фуриё, микроскопӣ, титронии турбидиметрӣ, вискозиметрӣ ва ғ.

Навоариҳои илмӣ: усули самарабахши истихрочи серитсин дар фишор ва ҳарорати баланд дар муддати кӯтоҳ бо об кор карда баромада шудааст; сохтори дуҷумдараҷаи серитсинро спектроскопияи инфрасурхии трансформатори Фуриё омӯхтааст; мавҷудияти сохтори β-варак барои намуна аз истихрочи обӣ ва сохтори ғалтаки тасодуфӣ барои истихрочи намакӣ бори аввал муқаррар карда шуд; вазни молекулавӣ ва ҳосиятҳои гидродинамикии серитсин дар маҳлул тавассути ХМБЭ таҳлил карда шуд ва маълум шуд, ки қисми асосии полипептидҳои серитсин дар 3 популятсияи макромолекулаҳо ҷудо мешаванд, ки массаи молекулавии миёнаи онҳо (M_w) 19.4 – 19.8 кДа мебошад; шароити оптималии ташаккули микрокапсулаҳои устувор дар системаи эмулсияе, ки бо комплекси серитсин/пектин устувор карда дорои муайяни ППФ аст таҳия карда шудаанд.

Аҳамияти амалӣ ва татбиқи натиҷаҳо: нишон дода шудааст, ки серитсинро метавон барои эҷоди биоматериалҳои нави табиӣ ва интиқолдиҳандаҳои доруворӣ аз сабаби биологӣ, биологӣ мутобиқат ва захролудии пасти онҳо, инчунин барои тайёр кардани бастаи ҳӯроквории доруворӣ ва пайвастагиҳои фаъоли биологӣ (ПФБ) барои фармасевтӣ, гизои функционалӣ истифода бурда мешавад.

Наширияҳо: Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқот 33 корҳои илмӣ, аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаи маҳзани байналмиллалӣ «Scopus», 9 мақола дар маҷаллаҳо аз Рӯйхати Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Россия, 1 патенти ҶТ ба таъби расидаанд. Натиҷаҳои асосии кор дар 4 конферентсияи ҷумҳуриявӣ ва 15 конференси байналмиллалӣ ахборот дода шуд.

Соҳаи татбиқ: саноати ҳӯрокворӣ ва биотиббӣ.

ANNOTATION

for the abstract of the dissertation of Sherova Zamira Umaralievna on the topic "Extraction and characterization of sericin from silk waste for composite materials application" for the scientific degree of Doctor of philosophy (PhD) in specialty 6D060600-Chemistry (6D060606 – macromolecular compounds)

Key words: sericin, pectin, polyphenolic compounds (PPC), molecular weight, molecular weight distribution, size-exclusion liquid chromatography, emulsion microcapsules.

Objective: to develop an effective method for obtaining sericin by recycling silk waste and to characterize it for further use as a composite material.

Research methods: traditional extraction methods using water and salts, new extraction methods - flash method and ultrasound-assisted protein extraction, etc., high-performance size-exclusion liquid chromatography (HPELC), FT-IR spectroscopy, microscopy, turbidimetric titration, viscometry, etc.

Scientific novelty of the work: an effective method for obtaining sericin from silk waste by aqueous extraction in an autoclave at high temperature in a short time has been developed; The secondary structure of sericin was studied by FTIR spectroscopy; the existence of a β -sheet structure for a sample from an aqueous extract and a random coil structure for an alkaline extract was established for the first time; the molecular weight and hydrodynamic properties of sericin in solution were analyzed by HPLC and it was found that the main part of sericin polypeptides eluted in 3 macromolecular populations, with an average M_w value of 19.4 - 19.8 kDa; optimal conditions for the formation of stable microcapsules in an emulsion system stabilized by a sericin/pectin complex, with a minimum size that effectively captures PPS, were developed.

Practical value and implementation of the results: it was shown that sericin can find application in the creation of new natural biomaterials and drug carriers due to their biodegradability, biocompatibility, and low toxicity, as well as in the preparation of edible packaging of drugs and biologically active substances for pharmaceutical use and functional food.

Publications: Based on the results of the study, 33 scientific papers were published, including 4 articles in the journal of the international database "Scopus", 9 articles in journals from the List of the Higher Attestation Commission of the Republic of Tajikistan and the Russian Federation, 1 patent of the Republic of Tatarstan. The main results of the work were reported at 4 republican and 15 international conferences.

Scope: Food industry and biomedicine.