

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТАДЖИКИСТАНА

УДК: 664.292+664.6+614 (575.3)

На правах рукописи

ББК: 30.16 (2Р)

И-41

**Икром И Хуршед Икром
(Тешаев Хуршед Икромович)**

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ
ПЕКТИНОВ И ИХ ПИЩЕВЫХ КОМПОЗИТОВ С БЕЛКАМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и
аппараты пищевых производств**

Душанбе, 2024

Работа выполнена на кафедре технологии пищевых производств Технологического университета Таджикистана и в рамках проектов Международного научно-технического центра Т-1419 и Т-1420

Научный консультант: **Мухидинов З. К.**, доктор химических наук, профессор, гл. научный сотрудник Института химии им В. И. Никитина НАНТ

Официальные оппоненты: **Додаев К. О.**, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевая безопасность и производство функциональной продукции» Ташкентского химико-технологического института Республики Узбекистан

Джураев Х. Ф., доктор технических наук, профессор кафедры «Информационно-коммуникационные системы управления технологического процесса» Бухарского инженерно-технологического института Республики Узбекистан

Зарифзода М. А., доктор технических наук, доцент, и. о. профессора кафедры теплотехники и теплоэнергетики Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Ведущая организация: Наманганский государственный университет Республики Узбекистан

Защита диссертации состоится 9 июля 2024 г. в 9:00 на заседании диссертационного совета 6D.KOA-050 при Технологическом университете Таджикистана по адресу: 734061, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева, 63/3, e-mail: dissovet.koa050@mai.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Технологического университета Таджикистана по адресу: 734061, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева, 63/3 и на сайте www.tut.tj.

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.
Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-050, кандидат химических наук, доцент



Икромии М. Б.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Обеспечение экономической и продовольственной безопасности страны наряду с индустриализацией, энергетической независимостью, строительством коммуникаций и дорог на ближайшее десятилетие – одна из стратегических целей Правительства Республики Таджикистан, сроки достижения которой возможно уменьшить в разы при подключении и грамотном использовании как уже имеющихся научных и технических достижений, так и находящихся в стадии исследования и апробации на лабораторном уровне. Поэтому внедрение и использование инновационных технологий переработки отходов, которые позволят производить из вторичного сырья продукцию желаемого качества и низкой себестоимостью, – направление важное и перспективное. В данном случае речь идёт о производстве функциональных пищевых продуктов на основе полисахаридов и белков из вторичных ресурсов растительного и животного происхождения.

Многочисленными исследованиями доказано, что пектин играет важную роль в организме человека: связывает липопротеиды низкой плотности и снижает риск развития атеросклероза, инсульта и ряда сердечно-сосудистых заболеваний, влияет на всасывание глюкозы, кальция и магния, стабилен в желудке и тонкой кишке и разрушается ферментами бактерий толстой кишки – продукты разложения пектинов могут рассматриваться как пребиотики.

Все это объясняет возрастающую потребность в пектинах и продуктах на их основе. Так, согласно данным из "...доклада представителя информационного центра производителей гидроколлоидов «IMR International», на мировом рынке наблюдается устойчивый рост потребления пектина в среднем на 3-3,5% в год..."¹.

В сельскохозяйственном секторе Республики Таджикистан основное место занимает производство фруктов и овощей, отходы от которых идут в основном на кормление скота. Согласно официальным статистическим данным Республики Таджикистан, в 2021 году в стране выращено фруктовых культур в количестве 444,440 тыс. тонн, что на 38,0% больше по сравнению с 2012 годом².

Учитывая вышесказанное, наряду с поиском новых потенциально перспективных источников пектиновых полисахаридов (ПП) крайне актуальным считается разработка инновационных технологий, которые позволят регулировать процесс получения полисахаридов растительного сырья для производства функциональной пищи. Однако коммерческое применение, при наличии огромного количества источников сырья, получили лишь цитрусовые отходы и выжимки яблок. Налицо необходимость исследовать другие источники получения пектина или модифицировать существующие способы получения пектина желаемого качества из других источников.

Перспективным направлением использования пектина является его применение в качестве пищевой добавки при производстве новых пищевых продуктов и продуктов функционального назначения. Пектиновые гели и их композиты с белками находят свое применение в пищевой промышленности и биомедицине для высокоэффективной доставки пищевых ингредиентов и лекарственных веществ (ЛВ). В этой связи, изучение научных основ создания пищевых композитов на основе пектина и белков с инкапсулированным биологически активным компонентом для возможного их применения в качестве функциональных пищевых продуктов является актуальной задачей.

¹ Food Hydrocolloid Market, 2020. IMR International / www.hydrocolloid.com

² Статистический ежегодник Республики Таджикистан // Статистический сборник / АСПРТ. – Душанбе, 2021. – 466 с.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Диссертационная работа посвящена разработке новых методов гидролиз-экстракции ПП с использованием местных сырьевых ресурсов, усовершенствованию способов очистки и концентрирования ПП с применением энергосберегающих технологий и изучению гелеобразующих свойств низкометилированного пектина (НМ-пектина), в том числе получению композитов на основе пектина и белков с инкапсулированным биологически активным компонентом, устойчивых к действию среды желудка, для возможного их применения в качестве функциональных пищевых продуктов, что является новым направлением в научных исследованиях в нашей республике.

Связь работы с научными темами и проектами. Разработка технологии получения пектина и белков из отходов пищевой промышленности и композиционных материалов на их основе была включена в Стратегию Республики Таджикистан в области науки и технологий на 2011–2015 гг. и Программу инновационного развития Республики Таджикистан на 2011–2020 гг., а также реализована в рамках международных проектов МНТЦ (Т-1419, Т-1420).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования: (1) разработка новых методов гидролиз-экстракции ПП с использованием местных сырьевых ресурсов, (2) усовершенствование способов очистки и концентрирования ПП с применением энергосберегающих технологий, (3) создание пищевых композитов на основе комплекса пектинов с белками.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать инновационные технологические процессы получения пектинов, обеспечивающие эффективность и экологическую безопасность производства из различных источников растительного сырья.
2. Оптимизировать параметры процесса гидролиз-экстракции ПП из различных источников для получения продуктов с оптимальными структурными параметрами и их применение в различных областях пищевой промышленности и биомедицине.
3. Разработать информационно-логическую модель технологического процесса производства пектина новыми способами, разработать способы управления технологическими процессами производства для автоматизации процессов производственного цикла в целом в зависимости от вида и качества исходного сырья.
4. Выделить и охарактеризовать образцы белков (зеина и лактоглобулинов (Lg)) и олигосахаридов (ОС) из кукурузной муки и молочной сыворотки (МС).
5. Изучить основные свойства полученных пектинов (ММ, содержание ГК, СЭ карбоксильных групп) и их гидродинамические характеристики.
6. Исследовать процессы комплексообразования различных пектинов с белками и разработать в качестве носителей лекарственных веществ (ЛВ) и пищевых ингредиентов стабильные композиты.
7. Найти оптимальные условия получения инкапсулированного лекарственного комплекса на основе природных биополимеров – пектина и зеина и изучить влияние основных факторов на стабильность комплексов в условиях среды желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).
8. Изучить кинетические процессы высвобождения ЛВ в условиях, имитирующих среду ЖКТ.

Объекты исследования. Объектами исследования являлись технологические процессы традиционной технологии получения пектина, основанной на кислотном

гидролизе растительного сырья с последующим выделением пектина этиловым спиртом из концентрированного раствора, способы выделения и концентрирования белков, процессы гелеобразования ПП, процессы формирования гидрогелевых микросфер пектина с белком, кинетические процессы высвобождения ЛВ в условиях, имитирующих среду ЖКТ и пектины из различного растительного сырья.

Предмет исследования. Предметом исследования являлись параметры процессов получения пектина и его количественные и качественные показатели, оптимизация структурных параметров ПП, автоматизация процессов производства пектина, селективность методов выделения, концентрирования и идентификации белков, и их количественные характеристики, конформационные изменения ПП в разбавленных растворах с ионами поливалентных металлов, факторы, влияющие на реологические свойства желе на основе пектина, параметры процессов комплексообразования различных пектинов с белками, условия формирования композитов носителей ЛВ и их стабильность в условиях среды ЖКТ и механизмы кинетики высвобождения ЛВ в условиях, имитирующих среду ЖКТ.

Научная новизна работы:

1. Разработаны новые способы гидролиз-экстракции пектинов из фруктовых выжимок и корзинок подсолнечника (КП): флеш и динамический методы.
2. Предложена диа-ультрафильтрационная (ДУФ) очистка и концентрирование пектинового гидролизата. На основе структурных данных и гидродинамических свойств полученных пектинов доказано, что предлагаемый метод, в отличие от известных, позволяет полностью очистить пектиновый гидролизат от нейтральных полисахаридов и других низкомолекулярных веществ с одновременным улучшением качества пектина.
3. Научно обоснованы и предложены методы выделения концентрата лактоглобулинов (LgC) и лактозы из МС с использованием сочетания методов центрифугирования и ультрафильтрации (УФ), что позволит производить функциональные продукты, обогащённые комплексом необходимых биологически активных веществ (БАВ), обеспечивающих физиологические потребности различных групп населения.
4. Методом вискозиметрии и многоуглового лазерного светорассеивания (МУЛС) определены гидродинамические свойства пектинов. Установлено, что конформационные изменения пектиновых макромолекул в значительной степени зависят от СЭ карбоксильных групп: с уменьшением СЭ спиральная структура макромолекул переходит в форму клубка, причем существенное влияние на этот процесс оказывает распределение свободных и этерифицированных карбоксильных групп.
5. Изучена гелеобразующая способность НМ-пектина и показано, что в присутствии поливалентных металлов, за исключением кальция, происходят внутримолекулярные конформационные изменения, связанные с образованием димеров и полимерных агрегатов вплоть до фазового разделения сильно набухшего геля. Предложено использовать значения показателя полидисперсности (M_z/M_w), отражающего степень молекулярной агрегации, что впервые позволило определить новый фактор, влияющий на прочность студня.
6. Применено инотропное гелеобразование пектинов в присутствии двухвалентных катионов с целью разработки условий получения комплексов на основе пектина и зеина с инкапсулированными лекарствами, устойчивыми к действию среды желудка. Показано, что ионы Zn^{2+} способствуют формированию более компактной структуры с пектином в качестве сшивающего металла по сравнению с ионами Ca^{2+} , что является важным при создании носителей лекарственных препаратов, устойчивых к преждевременному высвобождению ЛВ в верхних отделах ЖКТ.

7. Дана оценка кинетики высвобождения лекарства – пироксикама (РХ) из системы доставки лекарств (СДЛ) в условиях, моделирующих ЖКТ, что позволило установить некоторые особенности кинетики данных систем. Доказано, что полученные комплексы способны подавлять набухание пектина в желудке и препятствовать разрушению лекарства в верхней части ЖКТ.

Теоретическая и научно-практическая значимость работы:

1. Разработаны инновационные технологические процессы получения пектинов, обеспечивающие эффективность и экологическую безопасность производства из различных источников растительного сырья с определенными физико-химическими свойствами: флеш-способ гидролиз-экстракции пектинов из фруктовых выжимок и динамический метод гидролиз-экстракции пектина из КП.

2. Разработана и внедрена в производство ДУФ очистка пектина и концентрирование пектинового гидролизата.

3. Разработана информационно-логическая модель технологического процесса производства пектина из яблочных выжимок новым методом на основе отдельных процессов технологической цепочки и расхода потоков масс между звеньями и схема управления технологическим процессом производства пектинов, что позволяет автоматизировать процессы производственного цикла в зависимости от вида и качества исходного сырья.

4. Предложены методы выделения LgC и лактозы из МС с использованием сочетания методов центрифугирования и УФ, что позволит производить функциональные продукты, обогащённые комплексом необходимых БАВ, обеспечивающих физиологические потребности различных групп населения.

5. Определены оптимальные условия получения инкапсулированного лекарственного комплекса на основе природных биополимеров – пектина и зеина. Показано, что на процесс комплексообразования и степень насыщения ЛВ влияют природа биополимеров, их пропорции, а также наличие и тип двухвалентного металла.

6. Проведены испытания над желирующими и стабилизирующими свойствами яблочного пектина, полученного флеш-способом при производстве кондитерских изделий на фабрике «Ширин» (ОАО, г. Душанбе) и при производстве кисломолочных продуктов (кефира и фруктового йогурта) на «Комбинати шири Душанбе» (АОЗТ, г. Душанбе).

7. Предложено применение СДЛ на основе биополимеров для создания новых лекарственных форм и функциональных продуктов питания.

Положения, выносимые на защиту:

1. Способы производства пектинов из различных источников: флеш-способ гидролиз-экстракции пектина из фруктовых выжимок и динамический метод гидролиз-экстракции пектина из КП.

2. ДУФ очистка и концентрирование пектинового гидролизата.

3. Информационно-логическая модель технологического процесса и схема управления технологическим процессом производства пектинов.

4. Конформационные изменения пектиновых макромолекул в зависимости от СЭ карбоксильных групп с использованием вискозиметрии и метода МУЛС.

5. Применение нового параметра M_z/M_w для характеристики степени молекулярной агрегации при оценке качества студней.

6. Способ формирования гидрогелевых микросфер для создания СДЛ.

7. Демонстрация кинетики высвобождения ЛВ из СДЛ в условиях, имитирующих среду ЖКТ.

8. Практическая значимость результатов исследования пектина как студнеобразователя и стабилизатора пищевых продуктов.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием таких взаимодополняющих современных физико-химических методов, как ЯМР-спектроскопии (методы 1D и 2D) и ИК-Фурье спектроскопия и МУЛС, выполненные на уникальных приборах известных компаний (Waters, Tesla, Wyatt Technology (США), Perkin Elmer (Швейцария) и др.), и хорошим воспроизведением результатов исследований и статистических методов анализа.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Диссертация по своему содержанию и полученным результатам соответствует паспорту специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств (пункты 1-3).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на более чем 33 международных и республиканских конференциях и симпозиумах, в том числе на Первой международной научно-практической конференции «Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений и аспекты их применения» (Душанбе, 2022); XII Национальной научно-практической конференции с международным участием «Технологии и продукты здорового питания» (Саратов, 2021); ACS Spring 2020 National Meeting & Expo (Philadelphia, USA, 2020); Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания» (Саратов, 2019); 19th Gum and Stabiliser for Food Industry Conference (Berlin, Germany, 2017); 18th Gums & Stabilisers for the Food Industry Conference (Wrexham, UK, 2015); Международной научно-практической конференции, посвященной 1150-летию персидско-таджикского учёного Абубакра Рази (Душанбе, 2015); 14th International Symposium on Macromolecular Complexes (Helsinki, Finland, 2012); XX International conference on Chemical Reactors CHEMREACTOR-20 (Luxemburg, 2012); Международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития пищевой промышленности в Центральной Азии» (г. Худжанд, 2012); 3rd International Congress on Biohydrogels (Florence, Italy, 2011); 4th International Workshop on Specialty Polymers for Environment protection, Oil Industry, Bio-,nanotechnology and medicine (Almaty, Kazakhstan, 2011); The 16th Gum and Stabilisers for the Food Industry (Wageningen, the Netherland, 2011); Международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и НПО к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды» (Душанбе, 2011); Международной научно-практической конференции «Подготовка научных кадров и специалистов новой формации в свете инновационного развития государств» (Душанбе, 2010); Пятой Всероссийской Каргинской конференции «Полимеры-2010» (Москва, 2010); Второй Республиканской конференции с международным участием «Здоровое питание – здоровая нация» (Душанбе, 2009); Республиканских научно-практических конференциях: Нумановских чтениях (Душанбе 2009, 2017, 2021); The 9th International Hydrocolloids Conference (Singapore, 2008); III Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в 21 веке» (Душанбе, 2008) и др.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 72 печатных работах: 37 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан (из них 10 статей в журналах, индексируемых в международные базы данных (Web of Science, Scopus и иностранные издания); 2 малых патентах РТ; 28 тезисах докладов на международных конференциях, 5 тезисах докладов на республиканских конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и библиографии из 335 источников, содержит 310 страниц, 54 рисунка и 41 таблицу.

Личный вклад автора. Общая концепция диссертации, ее структура, уровень понимания рассматриваемых в ней проблем, полученные результаты и сделанные выводы, положения, выносимые на защиту, отражают конкретный творческий вклад автора и исключительно его точку зрения на рассматриваемую проблему. Основные результаты, отраженные в разделе «Научная новизна» и в основе положений, выносимых на защиту, получены автором в соавторстве с коллективом авторов под руководством научного консультанта. Разработка методов исследования, алгоритмов численных расчетов и интерпретация результатов также осуществлены автором диссертации совместно с коллективом авторов.

Практические испытания пектина как студнеобразователя и стабилизатора пищевых продуктов на пищевых предприятиях Республики Таджикистан проведены лично автором.

Автор выражает особую благодарность научному консультанту д.х.н., профессору Мухидинову З.К. за предложенную перспективную тематику исследования, формулировку идеи работы и участие в обсуждении важнейших результатов и оформлении диссертации. Автор сердечно благодарит д.х.н., профессора, академика НАНТ, зав. лабораторией химии ВМС Института химии им. В. И. Никитина НАНТ Халикова Д.Х. за ценные консультации, поддержку и помощь в работе, а также благодарит соавторов опубликованных работ.

Автор выражает признательность др. Лиу Лин Шу и др. Маршалу Фишману, коллабораторам партнерских проектов МНТЦ Т-1419 и Т-1420, благодаря которым исследованиям были обеспечены финансовая и организационная поддержка, а также сотруднику лаборатории Восточного регионального научного центра Государственного департамента США по сельскому хозяйству др. Гари Страхану за регистрацию ЯМР-спектров пектинов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты и методы исследования. В этой главе представлены характеристики объектов исследования, способы подготовки реагентов, методики проведения исследования.

Объектами исследования являлись технологические процессы традиционной технологии получения пектина, основанной на кислотном гидролизе растительного сырья с последующим выделением концентрированного раствора этиловым спиртом, способы выделения и концентрирования белков, процессы гелеобразования ПП, процессы формирования гидрогелиевых микросфер пектина с белком, кинетические процессы высвобождения ЛВ в условиях, имитирующих среду ЖКТ, и пектины из различного растительного сырья.

Методы исследования физико-химических свойств ПП включали: содержание свободных и этерифицированных карбоксильных групп и СЭ – модифицированные титриметрические методы и ИК-Фурье спектроскопию; характеристическую вязкость, гидродинамический радиус, молекулярные массы и показатель полидисперсности – метод эксклюзионной жидкостной хроматографии (ЭЖХ). Моносахаридный состав пектинов определяли методом газожидкостной хроматографии. Для установления структуры ПП использовали методы ИК-Фурье спектроскопии и ЯМР-спектроскопии. Студнеобразующую способность пектинов определяли по методу Тарр-Бейкера, а прочность пектинового студня – по Риджеллиметру. Для выделения и анализа белков использовали методы спектрофотометрии, электрофореза белков на полиакриламидных гелях в присутствии додецилсульфата натрия и капиллярного электрофореза. Полидисперсность макромолекул белка (зеина) определяли методом турбидиметрического титрования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Пектиновые полисахариды и технологические особенности их получения

ПП содержатся во всех высших цветковых растениях, они входят в состав клеточных стенок (КС) и составляют примерно одну треть от сухого вещества КС. Они связаны с другими полисахаридами КС растений ковалентными связями через свои боковые олиго- и полисахариды различной структуры. Разработка условий гидролиз-экстракции для выделения ПП из КС растений и получения максимальных выходов является весьма сложной задачей. При этом для получения пектиновых веществ (ПВ) с определёнными физико-химическими свойствами необходимо очень тонкое регулирование многочисленных параметров этого процесса. Разработка новых методов и способов производства ПП, снижающих или практически исключаящих применение химических реагентов, а также внедрение энергосберегающих технологий и использование местных сырьевых ресурсов для производства ПВ, изучение процесса распада полисахаридного матрикса различного растительного сырья, влияние параметров процесса экстракции на выход продуктов, основные физико-химические и молекулярно-массовые параметры ПП и их сравнительные характеристики, а также некоторые общие подходы, связанные с переработкой сырья, которые позволят улучшить качество и снизить себестоимость целевого продукта, явились предметом исследования в данном разделе исследования.

В настоящее время технология получения ПП основана на кислотном гидролизе растительного сырья с последующим выделением пектина из раствора гидролизата путем концентрирования на вакуум-выпарных установках и осаждением из концентрата большим количеством этилового спирта. В этих условиях происходит деградация пектиновых макромолекул, что приводит к потере основного свойства пектина – гелеобразования.

Исходя из чего был разработан новый метод гидролиз-экстракции ПП с применением флеш-способа – способа быстрой экстракции под давлением.

Флеш-способ гидролиза пектинов из фруктовых отходов. Нами разработан новый способ гидролиз-экстракции ПП – флеш-способ, который характеризуется быстрой скоростью экстракции под давлением. Применение этого способа позволило сократить продолжительность процесса гидролиз-экстракции до нескольких минут и оптимизировать значение выхода продуктов распада ПП растительного сырья.

Сырьём для получения пектиновых экстрактов являлись яблоки сортов Графенштейнское красное (ЯВГ) и Первенец Самарканда (ЯВП), лимонные корки (ЛК), айва (Ай), абрикос (Аб), персик (Пр), стебли и листья ревеня (Рв), плоды тыквы (Ткв) и корзинки подсолнечника (КП).

Численные значения выходов фракций ПП различного растительного сырья в зависимости от способа гидролиз-экстракции (традиционным методом (ТМ) и флеш-способом) приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что суммарный выход фракций продуктов распада ПП (МГ, ПВ, ОС) для всех видов использованного сырья флеш-способом существенно превышает показатель, полученный ТМ. Результаты, представленные в данной таблице, также показывают, что выход МГ наиболее высок при флеш-способе для всех видов использованного сырья, кроме ЯВГ.

Молекулярная масса ПВ, показатель полидисперсности (M_w/M_n) и содержание агрегированной фракции – МГ пектина представлены в таблице 2.

По результатам проведенного анализа качества ПП растительного сырья в зависимости от метода получения установлено, что для всех видов использованного сырья,

суммарный выход фракций продуктов распада при флеш-способе значительно превышает показатель, полученный ТМ.

Таблица 1 – Выход фракций ПП растительного сырья в зависимости от способа гидролиз-экстракции

Сырьё	Выход фракций ПП, %					
	МГ		ПВ		ОС	
	ТМ	Флеш-способ	ТМ	Флеш-способ	ТМ	Флеш-способ
ЯВГ	3.60	2.60	14.25	23.60	24.65	28.00
ЯВП	2.00	2.26	22.00	22.37	20.60	31.87
Ай	1.40	4.50	11.40	12.40	25.90	56.50
Аб	1.22	3.76	4.86	7.05	37.92	69.19
ЛК	2.00	2.06	19.00	20.06	23.80	45.84
Рв	1.11	3.18	12.36	17.50	35.03	29.32
Пр	0.86	4.28	6.49	7.20	37.85	43.36
Ткв	1.19	8.68	2.24	3.77	73.71	76.92
КП	4.30	8.20	10.20	24.68	13.40	7.50

Таблица 2 – Сравнительные молекулярные характеристики ПВ, полученные различными методами

Сырьё	$M_w \cdot e^{-3}$, кДа		M_w/M_n		$M_z \cdot e^{-3}$, кДа		МГ, %	
	ТМ	Флеш-способ	ТМ	Флеш-способ	ТМ	Флеш-способ	ТМ	Флеш-способ
ЯВГ	134.00	168.40	3.80	2.50	1133	2820	23.50	20.00
ЯВП	112.00	92.50	5.60	4.50	4743	1558	36.50	18.50
Ай	176.00	66.30	4.35	3.20	7309	153	25.00	8.50
Аб	114.50	713.00	4.70	12.10	755	1479	18.50	8.50
ЛК	107.80	82.00	2.89	9.00	267	426	18.50	16.00
Рв	268.00	107.40	4.80	2.30	1479	325	26.50	49.00
Пр	243.80	65.50	6.30	3.07	2103	145	14.50	23.00
Ткв	673.90	769.50	1.93	3.40	2069	3969	17.70	40.00
КП	142.40	118.60	3.22	4.30	1793	1152	40.00	33.50

При флеш-способе численные значения выходов ПВ и ОС значительно возрастают, за исключением фракции ОС ревеня скального и КП, здесь наибольший выход фракций наблюдается при ТМ. При этом суммарный выход фракций продуктов распада ПП для Рв и КП этими способами гидролиз-экстракций остаётся практически неизменным. Также установлено, что применение флеш-способа незначительно увеличивает ММ образцов ПВ по сравнению с ТМ, практически не оказывая существенного влияния на значение СЭ.

Данные, приведенные в таблице 2, отчетливо демонстрируют особенности процесса гидролиз-экстракции протопектина различного сырья растительного происхождения, т.е. полученные флеш-способом ПВ из ЯВГ, Аб, Ткв и КП проявляют устойчивость к высокой температуре, а также в сравнении с полученными образцами при ТМ имеют большую ММ. По данным выхода агрегированных макромолекул обнаруживается аномалии в некоторых

образцах ПВ. Как видно, чем выше значение M_z пектина, тем больше вероятность агрегации его молекул, за исключением пектина ЛК. Этот факт, вероятно, объясняется спецификой молекулярной структуры пектина.

Применение данного способа будет способствовать значительному увеличению выхода ПП, положительным образом сказываясь на их качестве, ММ и ММР. Кроме того, при флеш-способе исключается длительное воздействие высокой температуры и агрессивной среды, что способствует снижению энергозатратности и дороговизны процессов. Важной особенностью разработанного способа является то, что полученные пектины в процессе гидролиз-экстракции в автоклаве имеют высокие значения ММ, содержание ГК и оптимальную СЭ. Кроме того, они имеют узкие ММР (низкие значения полидисперсности) и содержат меньше агрегированных фракций – МГ.

Таким образом, предложенный способ быстрой экстракции позволяет получать пектин из разных источников с оптимальными параметрами по ММ, содержанию ГК и СЭ, что расширяет спектр его применения в различных областях пищевой промышленности и биомедицине.

Динамический метод получения пектинов. Гидролиз КП в динамическом режиме проводился по новой технологии: измельченные КП подвергаются предварительной обработке для интенсификации процессов диффузии полисахаридов, что позволяет фракционное выделение их по степени связывания в КС. Последующая гидролиз-экстракция ПП происходит в непрерывном процессе при постоянном значении рН-среды и температуре 85°C. Для сравнения эффективности предложенного процесса гидролиз-экстракция полисахаридов КС также проводилась в статистическом режиме.

В таблице 3 представлены значения выхода фракций МГ, пектина, ОС и остатки клеточных полисахаридов.

Таблица 3 – Выход фракций полисахаридов (в процентах) КП после гидролиза при статическом и динамическом режиме гидролиза

рН	МГ		Пектин		ОС		Остаток КС	
	Стат.	Динам.	Стат.	Динам.	Стат.	Динам.	Стат.	Динам.
1.05	5.10	15.50	11.10	16.20	15.60	24.80	68.20	43.20
1.20	4.30	15.40	10.20	15.60	15.40	24.00	69.70	45.00
1.60	2.80	14.90	7.40	14.20	13.50	24.20	76.30	46.40
2.00	1.20	14.60	5.80	12.30	12.80	23.50	80.20	49.60
3.50	0.80	3.90	4.60	9.50	10.00	22.20	85.60	64.00
5.60	0.40	0.00	3.00	6.00	9.60	21.00	87.00	72.00
3.5 (ГМФН)	1.08		8.85		19.09		74.00	

У растворимых полисахаридов – пектина и ОС, при рН 1.05 и 1.2 выход в динамике превышает выход в статике на полтора, а при рН 1.60 – почти в два раза. Это говорит об эффективности использования гидролиза пектина в динамике при низких значениях рН раствора.

Данные, приведенные в таблице 3 показывают, что применение динамического метода положительно сказывается на численных значениях выхода всех фракций полисахаридов, изолированных вместе с пектинами.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о преимуществах использования динамического метода гидролиз-экстракции перед ТМ. Управление

процессом не только при низких значениях рН, но и при слабокислых (рН 1.6-2.0) позволяет получить ПП с оптимальными структурными параметрами и выходом, что приводит к значительному снижению затрат на производство пектина. Установлено, что применение метода динамического гидролиза в колончатом экстракторе обладает рядом преимуществ по сравнению с ТМ, так как позволяет контролировать процесс гидролиза, избегая чрезмерного воздействия кислот и высоких температур на состав и структуру молекул пектина, выделенного из раствора гидролизата растительного сырья.

Мембранная технология очистки и концентрирования пектинового гидролизата. Как уже отмечалось, в производстве пектина процессы концентрирования и очистки пектиновых экстрактов являются наиболее сложными и дорогостоящими. В связи с этим возникает задача разработки методов очистки и концентрирования пектиновых растворов с применением энергосберегающих технологий, не нарушающих нативную структуру и свойства молекул пектина.

В данном исследовании сочетание процессов диализа пектинового гидролизата и УФ-очистки и концентрирования позволило добиться значительного увеличения скорости фильтрации и снижения скорости осадкообразования.

Применение тангенциального потока при ДУФ пектинового гидролизата. Направление и характер потока раствора при фильтрации имеют ряд отличий. При обычных УФ поток жидкости направлен перпендикулярно поверхности фильтра, а при тангенциальной фильтрации он движется коллинеарно. ДУФ в тангенциальном потоке (ТДУФ) позволяет вести процесс фильтрации в непрерывном режиме, без блокирования пор мембраны, сохраняя стабильность производственного процесса. Изменение производительности УФ-мембраны ВПУ-100 в процессе ТДУФ представлена на рисунке 1.

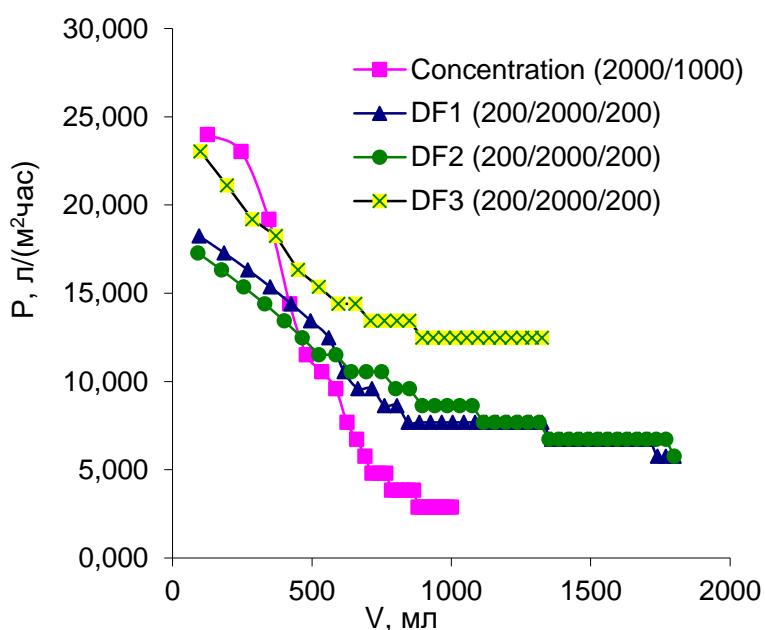


Рисунок 1. – Производительность мембраны ВПУ-100 по раствору пектина при однократном (DF1), двукратном (DF2) и трехкратном (DF3) ТДУФ

Как видно, производительность мембраны в начале процесса составляет 24.30 л/м²ч, а в конце процесса снижается почти в два раза. Во втором цикле ТДУФ производительность мембраны была восстановлена до 76-85%.

На производительность мембраны влияют как концентрация раствора пектина, так и его степень деградации, M_w , которая зависит от режимов процесса гидролиза (таблица 4).

По данным об основных и молекулярных параметрах процесса ТДУФ пектиновых растворов, полученных при различных режимах процесса гидролиза, не удалось установить зависимость производительности мембраны от концентрации и M_w .

Например, при сравнении значений M_w яблочных пектинов ЯПФ-100-7 и ЯПФ-120-7 трудно объяснить столь заметную разницу в производительности мембраны ВПУ-100.

Таблица 4 – Молекулярные параметры исследуемых пектинов

Пектин	M_w , кДа	M_w/M_n	M_z , кДа	R_h , нм
ЯПФ-100-7*	165.0	6.9	771	13.6
ЯПФ-120-7*	105.0	9.8	893	9.0
ЯПФ-130-5*	99.0	9.0	773	9.0
КП-120-7-ВПУ*	58.0	2.6	171	6.3
КП-120-7-ПС*	61.2	3.1	279	6.5

*Цифры после букв – температура и продолжительность времени; буквы после цифр – тип мембраны.

Однако сравнение значений M_z и R_h этих пектинов позволяет получить информацию о степени агрегации полисахаридов. Действительно, несмотря на низкую ММ пектин ЯПФ-120-7 имеет более высокое значение M_z и более низкое значение R_h , чем пектин ЯПФ-100-7. Это свидетельствует о том, что данный пектин склонен к агрегации, что существенно снижает производительность мембраны.

Сравнительная оценка структуры и качества пектина, очищенного ТМ и ТДУФ.

Для сравнительной оценки структуры и качества пектина, очищенного ТМ и ТДУФ, были проведены семь экспериментов с яблочными выжимками и четыре эксперимента с КП в различных режимах гидролиза, после чего растворы гидролизата очищались на пилотной установке ТДУФ с использованием двух типов полуволоконных мембран.

В таблице 5 приведены выход фракции ПП, содержание ГК, СЭ и количество балластных веществ (БВ) в конечном продукте в зависимости от режимов процесса гидролиз-экстракции и способов очистки и концентрирования с учетом цикла диализа. Более высокий выход пектина и низкое содержание ГК при спиртовом способе свидетельствуют о том, что конечный продукт имеет более низкую степень очистки.

Таблица 5 – Выходы фракций ПП, содержание ГК, СЭ и количество балластных веществ (БВ) в образцах

Образцы пектина	Выход фракции, %			ГК, %	СЭ, %	БВ, %
	МГ	ПВ	ОС			
ЯПФ-100-7-СО*	2.26	22.37	31.87	50.4	68.60	12.00
ЯПФ-100-7-ВПУ-1д*	2.26	18.69	44.55	64.8	81.40	5.80
ЯПФ-100-7-ВПУ-2д*	2.26	14.23	47.01	67.2	82.56	3.20
ЯПФ-120-7-СО*	1.52	25.63	31.69	52.8	68.60	11.20
ЯПФ-120-7-ВПУ*-1д	1.52	14.33	49.99	69.6	76.47	3.80
ЯПФ-130-5-СО*	1.15	26.83	31.82	57.6	69.77	10.80
ЯПФ-130-5-ПС-1д*	1.15	14.43	51.22	68.4	78.16	5.60
ЯПФ-130-5-ПС-2д*	1.15	12.80	51.85	73.2	76.74	2.80
КП-120-7-СО*	6.40	28.62	9.98	64.4	22.73	29.23
КП-120-7-ВПУ-1д*	6.12	10.32	28.36	81.6	26.19	5.40
КП-120-7-ПС-1д*	6.40	10.22	28.75	85.2	25.88	4.62

*Цифры после букв – температура и продолжительность времени; буквы после цифр – тип мембраны; 1д – первый цикл диализа, 2д – второй цикл диализа.

Следует отметить, что содержание ГК у яблочного пектина ЯПФ-130-5 увеличивается от 57.6 до 68.4 % при однократной ТДУФ и достигает значения 73.2 % при двукратной ТДУФ. В случае подсолнечного пектина ТДУФ с использованием мембран

ВПУ и ПС позволила увеличить содержание ГК от 64.4 до 81.6 % и 85.2 %, соответственно. Вместе с тем, как было отмечено выше, высокое содержание БВ в исследуемых образцах приводит к заметному уменьшению выхода пектина. При этом содержание БВ обусловлено высоким содержанием нейтральных полисахаридов и других низкомолекулярных компонентов в КС сырья, извлекаемых в процессе гидролиз-экстракции вместе с пектином.

Оценка качества пектина и изменение его структуры при очистке по спектрам ЯМР. Для детального анализа влияния СО и ТДУФ на структуру и качество пектина был использован метод 1D и 2D ЯМР-спектроскопии. Спектр ЯМР ^{13}C образцов яблочного пектина (рисунок 2), полученных обоими методами, показывает сигналы, относящиеся к гликозильным остаткам, которые представляют основной остов макромолекулы пектина, т.е. гомогалактуронана (HG) и рамногалактуронаных (RG) областей.

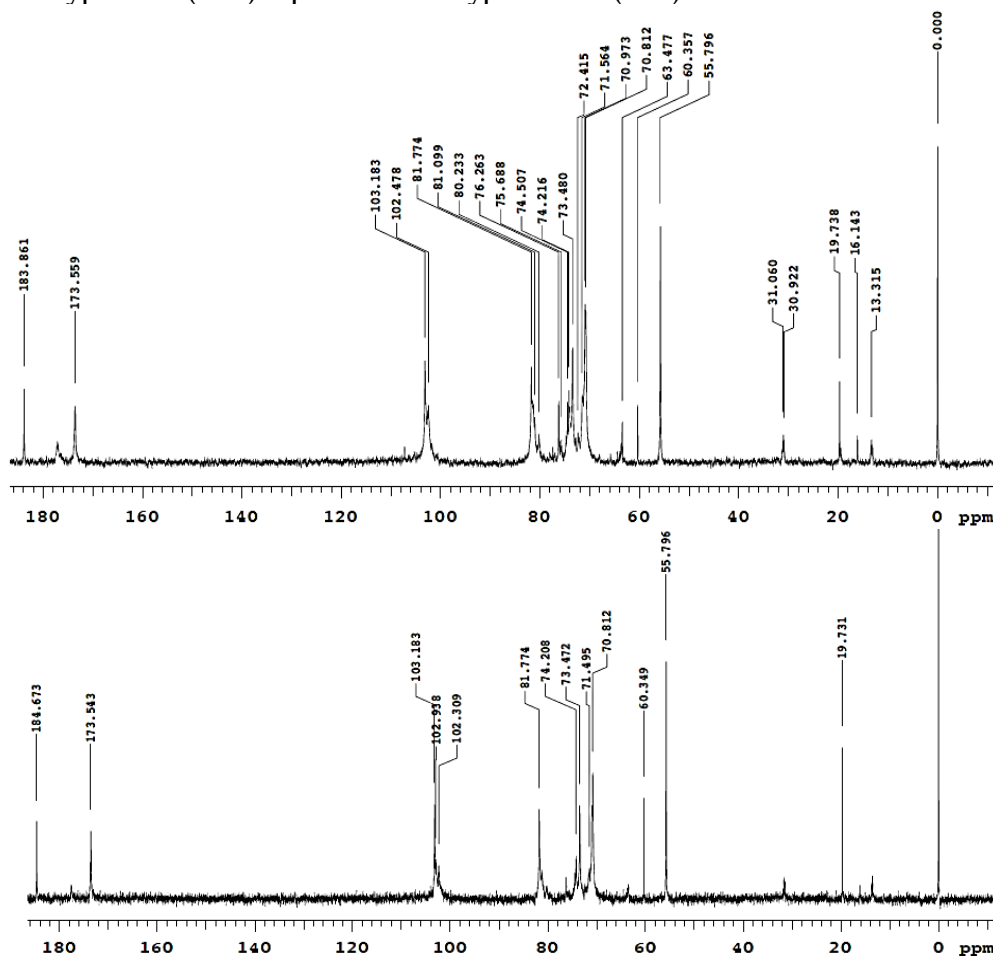


Рисунок 2. – Спектры ЯМР ^{13}C образцов яблочного пектина, очищенных СО (верхняя) и ТДУФ (нижняя) методами

Сравнение спектров ЯМР ^{13}C (рисунок 3) ясно показывает, что число резонансов основных цепей пектина в образцах, очищенных СО методом, сильно отличаются от образцов, очищенных ТДУФ методом. Двенадцать углеродных резонансов наблюдаются для С-2,3,5 ($\delta \sim 70\text{-}81$ м.д.) в сахарных остатках основной цепи пектина, очищенного спиртом, в то время как в той же области спектра у пектина, очищенного методом ТДУФ, наблюдается всего 5 сигналов. Соответствующее наблюдение можно сделать путем сравнения спектров ЯМР протонов (рисунок 3).

В спектрах ЯМР ^{13}C проявились два интенсивных сигнала при 173,5 м.д. и 184,7 м.д., которые можно отнести к С-6 карбоксильной группы звеньев ГК в этерифицированной и ионизированной формах. При интеграции этих резонансов 63% карбонильных групп,

вероятно, находятся в виде сложных эфиров, в то время как оставшиеся 37% – свободные карбоксильные группы пектина.

В области 3,56-3,52 м.д. спектра ЯМР ^1H образца ЯПФ-120-7-СО наблюдается множество пиков с узкой шириной линии. Это говорит о тонкой структуре и связи, которая обычно возникает из спектра маленьких молекул или очень подвижной части более крупной молекулы. В двумерных корреляционных спектрах HSQC наблюдается более ясная картина, где видны и другие мелкие сигналы.

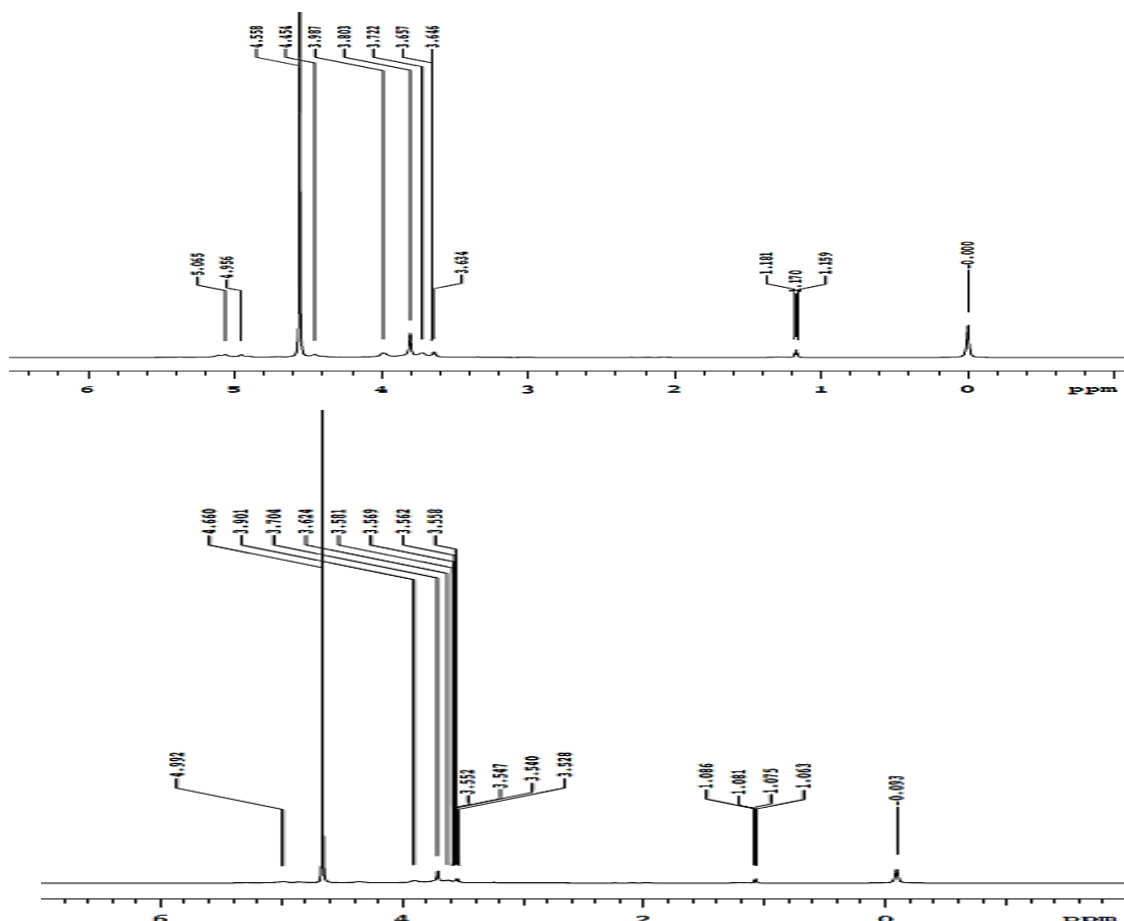


Рисунок 3. – Спектры ЯМР ^1H образцов яблочного пектина, очищенных СО (верхняя) и ТДУФ (нижняя) методами

Таким образом, в дополнение к первичным характеристикам пектина (содержание ГК и СЭ), применение комбинаций ЯМР-спектроскопии (1D и 2D) убедительно демонстрирует отличие изученных методов очистки пектинов. Сравнение двух наборов спектров (^1H ЯМР и ^{13}C ЯМР) показывает, что процесс ТДУФ предпочтительнее в производстве, так как из пектиновых растворов удаляется больше свободных примесей (моносахаридов и других низкомолекулярных балластов), которые отрицательно сказываются на качестве пектина. Кроме того, применение этого метода делает производство пектина более экологически безопасной технологией.

Сравнительный анализ ММ и ММР образцов пектина. ММ и ММР анализировали с помощью ЭЖХ и методом МУЛС. Значения средневесовой молекулярной массы (M_w), среднечисловой молекулярной массы (M_n) и z – средней молекулярной массы (M_z) для пектина были получены с использованием универсальной калибровки. В таблице 6 приведены результаты сравнительного анализа полидисперсности (M_w/M_n , M_z/M_n), значения молекулярных масс (M_w , M_n , M_z) и гидродинамических параметров (характеристической вязкости $[\eta]$, гидродинамического радиуса (R_h)) и параметра,

определяющего конформации цепи макромолекулы (b) образцов яблочного пектина, полученных методом МУЛС.

Таблица 6 – Значения полидисперсности, молекулярных масс, гидродинамических параметров и параметра, определяющего конформации цепи макромолекул яблочного пектина, полученного методом МУЛС

Образцы пектина	Выход, %	M_w/M_n	M_w , кДа	$[\eta]$, мл/мг	R_h , нм	b
ЯПФ-120-7-СО	78.4(.1)	3.03(.03)	483(3)	2.30(.01)	34.9(1)	0.557(.02)
ЯПФ-120-ТДУФ	76.8(.3)	3.10(.05)	492(7)	1.98(.01)	32.9(.8)	0.573(.01)

Данные, проанализированные в виде единого пика для общих хроматограмм: для пектина, очищенного спиртовым осаждением (ЯПФ-120-7-СО), и пектина, очищенного методом ТДУФ (ЯПФ-120-7-ТДУФ), имеют M_w 483 и 492 кДа, значение $[\eta]$ 230 и 198 мл/мг и R_h 49,5 и 32,9 нм, соответственно. Данные МУЛС показывают, что применение ТДУФ увеличивает ММ пектина, снижает показатель полидисперсности образца и повышает чистоту конечного продукта.

Действительно, из анализа данных содержания ГК, 1D и 2D ЯМР-спектроскопии и молекулярных размеров образцов пектина, очищенного ТМ и методом ТДУФ, можно увидеть, что применение метода ДУФ позволяет успешно извлекать низкомолекулярные фракции, что приводит к снижению полидисперсности образцов, повышению чистоты конечного продукта и увеличению ММ, что делает этот метод предпочтительным.

Расчёт экономической эффективности производства пектинов традиционным и инновационными методами. Рассчитана сравнительная экономическая эффективность производства пектина по существующей и предлагаемой новой с использованием ТДУФ технологиям. Технологическая линия производства пектина с использованием ТДУФ (рисунок 4) была апробирована в экспериментальном пектиновом цехе ПАПО «Шахринав» Республики Таджикистан путем выпуска более 20 опытных партий.

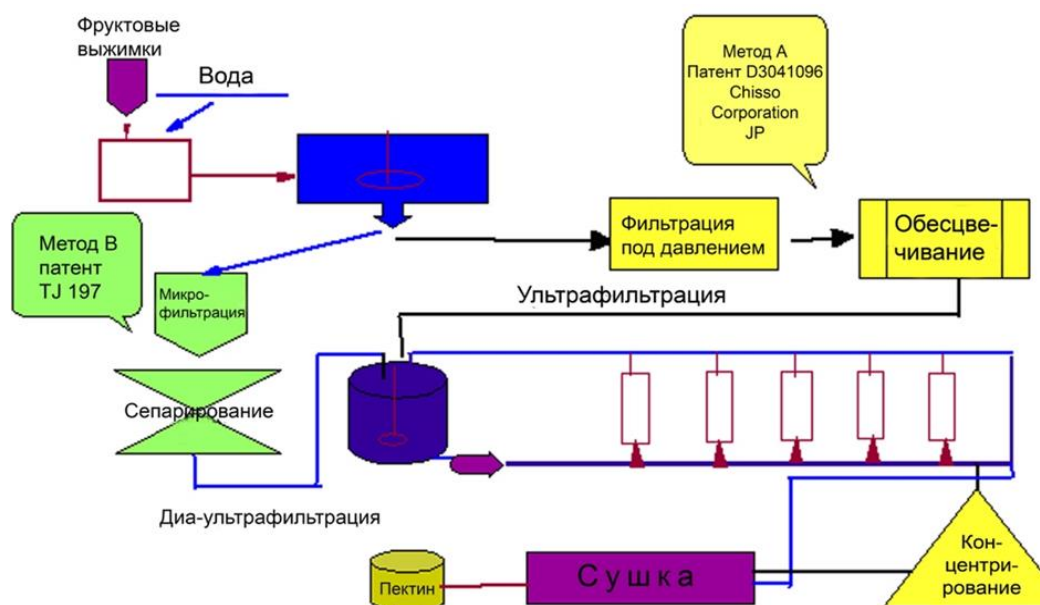


Рисунок 4. – Технологическая линия производства пектина с использованием различных методов очистки и концентрирования

В отличие от известных методов очистки пектинсодержащей жидкости предлагаемый способ позволяет полностью очистить гидролизат от нейтральных полисахаридов и других низкомолекулярных веществ с одновременным улучшением качества пектина и повышением производительности ДУФ установки. Более того, использования ТДУФ для очистки и концентрирования пектиновых гидролизатов исключает необходимость в дополнительном концентрировании пектинового гидролизата в вакуум-выпарной установке.

Сравнительные характеристики процесса (производительность мембран) и качества продукта (чистота пектина и его желирующая способность) предлагаемого и известных способов приводится в таблице 7.

Таблица 7 – Основные сравнительные характеристики предлагаемого и известного способов

№ примера	Предлагаемый способ			Известный способ		
	Производительность аппарата, P_{cp} , л/м ² ч	Чистота пектина, %	Степень желирования, °SAG	Производительность аппарата, P_{cp} , л/м ² ч	Чистота пектина, %	Степень желирования, °SAG
1	24,5	58.0	145	17.5	51.0	120
2	37,0	76.0	210	22,0	68.0	190
3	40,0	57.0	130	-	-	-

В таблице 8 приводится сравнительный анализ расходов сырья, энергии и продолжительности производственного цикла на 1 кг пектина разными технологиями (Технология А – традиционная технология, Технология Б – инновационная технология).

Таблица 8 – Сравнительный анализ расходов сырья, энергии и продолжительности производственного цикла получения пектина разными технологиями

Наименование	Технология А		Технология Б	
	Норма расхода	US \$ на 1 кг	Норма расхода	US \$ на 1 кг
Производственный цикл, час	12 часов		8 часов	
Расходы на электроэнергию, кВт/кг	4.8-5.2	3.48	3.5	0.94
Расход воды, м ³ /кг	0.7	0.28	0.9	0.36
Расход пара, Гкал/кг	3.40	0.85	1.75	0.45
Расход сырья:				
Выжимки, кг/кг	10	1.0	10	1.0
Аммиак /сода каустическая, кг/кг	0.120	0.1	0.10	0.1
Азотная кислота, кг/кг	0.30	1.2	0.15	0.6
УФ-мембрана, м ² /кг			0.05	5.0
Формалин, л/кг			0.001	0.2
Сток м ³ /на кг готовой продукции	0.55	0.25	0.75	0.4
Расход спирта, л/кг	190.0	7.0	0	0
Адсорбент для водоочистки, кг/кг	0.5	0.5	1.0	1.0
Общая стоимость расходов, US \$	14.66		10.5	

Кроме повышения эффективности производства за счет сокращения продолжительности производственного цикла, рассматриваемый процесс производства пектина осуществляется в мягких режимах, является экологически чистым и ресурсосберегающим. Более того, общая стоимость расходов и сокращение производственного цикла способствуют снижению себестоимости готового продукта.

Таким образом, производство отечественного пектина по предлагаемой ресурсосберегающей технологии и эффективности производственного цикла, а также по сравнительно низкой себестоимости создает существенные преимущества перед конкурентами из зарубежных стран, поставляющих пектины в нашу республику.

2. Моделирование технологических процессов в производстве пектина

Используя методы двухфакторного регрессионного и дисперсионного анализа, были получены соответствующие математические модели, по данным которых с помощью программы DataFit получено уравнение линейной регрессии, устанавливающее зависимость между параметрами процесса гидролиз-экстракции (температуры, продолжительностью и давлением) и выходом чистого пектина:

$$Y = 55.28 + 0.24X_1 + 1.32X_2 + 0.73 X_3,$$

где X_1 – температура процесса, °С; X_2 – продолжительность процесса, мин.; X_3 – давление процесса гидролиз-экстракции; Коэффициенты регрессии: $b_0 = 8.052$, $b_1 = 48.156$, $b_2 = 1.095$, $b_3 = -0.137$, $b_4 = 0.005$. Коэффициент детерминации – 98.65 %, относительная погрешность – 4.91%.

В результате на основе составленной математической модели регрессионного и дисперсионного анализа были установлены оптимальные технологические параметры процесса гидролиз-экстракции (температура и продолжительность) для отдельных видов растительного сырья.

Моделирование процесса УФ-концентрирования и очистки ПП проводилось с учетом падения производительности мембран с течением времени из-за увеличения количества осадков, которые накапливаются в процессе фильтрации. Предложена математическая модель процесса изменения производительности мембраны как за счет образования сплошного гелевого слоя, так и за счет блокирования отдельных пор. Показано, что совместное решение системы дифференциальных уравнений, выраженных в нормальной форме Коши, описывающих этот технологический процесс, наглядно показывает, что эффективность системы фильтрации, т.е. производительность фильтрационной установки может быть повышена с увеличением частоты промывок.

На основе моделирования и оптимизации физико-химических параметров отдельных процессов производства ПП и разработанной принципиальной схемы автоматического управления технологических процессов предложена программа для возможного запуска промышленного производства пектина.

Таким образом, применение предложенной программы автоматического управления позволяет не только оптимизировать параметры технологических процессов на всех этапах производства ПП и обеспечить полный контроль над ходом производства, но и получить пектины высокого качества и низкой себестоимостью.

3. Выделение и концентрирование белков и их идентификация

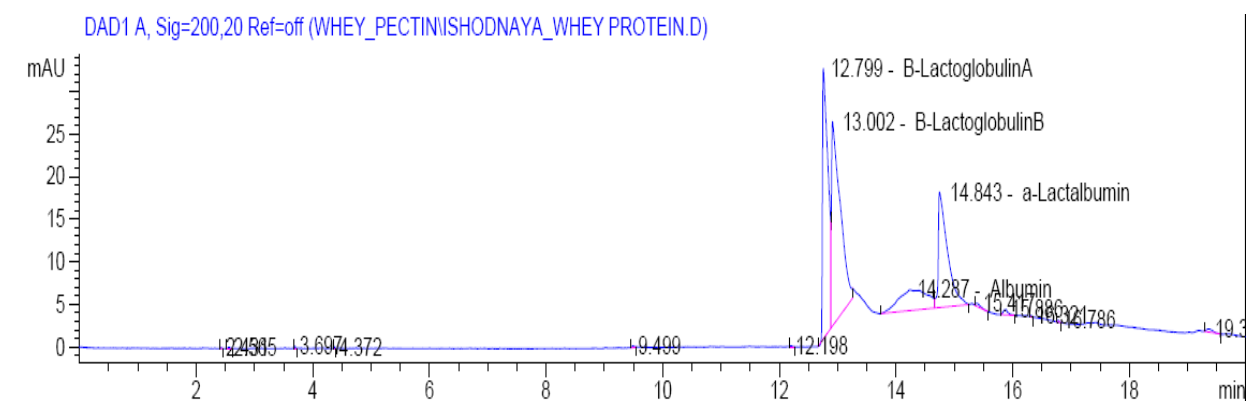
В данном разделе представлена разработка селективного лабораторного метода (ЛМ) выделения LgC из MC с использованием сочетания методов центрифугирования и УФ, а

также результаты исследований по выделению и молекулярному составу зеина из кукурузной муки.

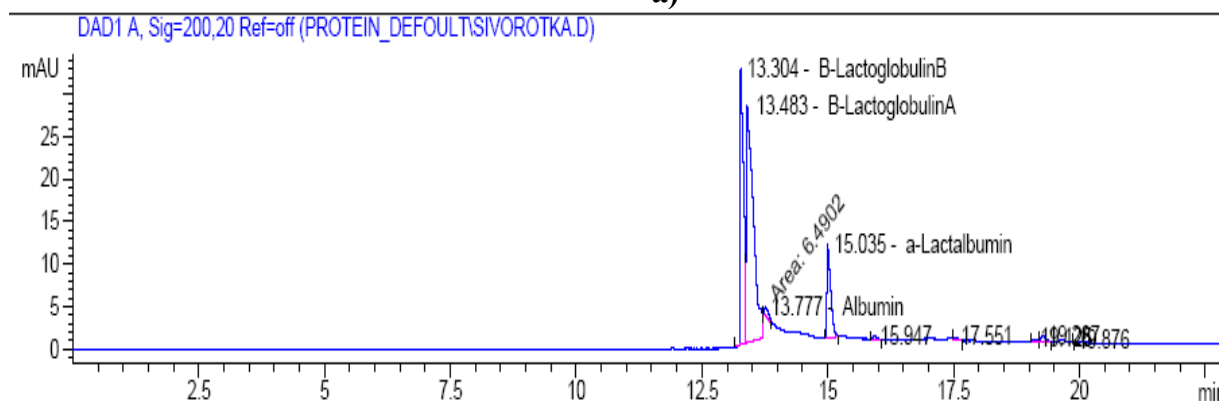
Выделение сывороточных белков. Разработан селективный ЛМ выделения LgC из концентрата творожной сыворотки молочной фабрики «Саодат» путем УФ. Этим методом можно отделить казеин и альбумины МС от лактоглобулинов. Стадии: подкисление сыворотки до pH 4.0, центрифугирование, УФ горячей сыворотки на мембране PS/50 (Spectrum Lab. США) или УПМ-П и УАМ-175 (Владипор, Россия).

Для контроля содержания LgC были использованы методы фотокалориметрии (Метод Седмака) и капиллярного электрофореза (КЭ) на приборе 3D Agilent HPCE G1600AX. Для сравнения выхода и чистоты продукта проведён сравнительный анализ разработанного метода с известным запатентованным методом выделения LgC.

Электрофореграммы стандартного LgC фирмы Sigma и сывороточных белков, выделенного с применением данного метода представлены на рисунке 5 (а и б). Сопоставление представленных рисунков однозначно подтверждает идентичность полученного LgC со стандартом, что говорит о селективности разработанного метода.



а)



б)

Рисунок 5. – Электрофореграммы стандартных белков фирмы Sigma (а) и сывороточных белков (б). Ввод пробы гидродинамический 50 при мбар в течение 2 сек, напряжение – 26.5 кВ, температура – 22.0 °С, детектирование при 200 нм.

Количественный состав LgC, полученного новым методом, представлен в таблице 9.

Таким образом, разработан метод выделения LgC с использованием сочетания методов центрифугирования и УФ и установлены оптимальные параметры проведения центрирования лактоглобулинов МС.

Показано, что на выход LgC оказывает влияние рН, температура и молекулярная масса компонентов МС.

Таблица 9 – Содержание белков МС, определенное на КЭ в процессе переработки ЛМ

Белки МС	Концентрация белка, мг/мл (метод КЭ)			Выход, %
	Пермеат мембраны PS 50 KD	Ретентант мембраны УАМ 175	ДУФ	
β -Lg A	1.85	4.76	20.2	37.35
β -Lg B	1.945	5.61	28.6	52.9
α -La	0.515	1.03	5.24	9.7
Общее содержание белков	4.315	11.40	54.08	99.95

Полученные результаты и исследованные образцы молочно-белковых концентратов могут быть использованы в производстве концентрата МС и молочных продуктов в качестве дополнительного компонента для повышения пищевой ценности готового продукта.

Характеристика молекулярного состава зеина кукурузы. Для определения полидисперсности макромолекул зеина использовали метод турбидиметрического титрования. По данным турбидиметрического титрования были построены интегральные и дифференциальные кривые титрования раствора зеина кукурузы (рисунок 6).

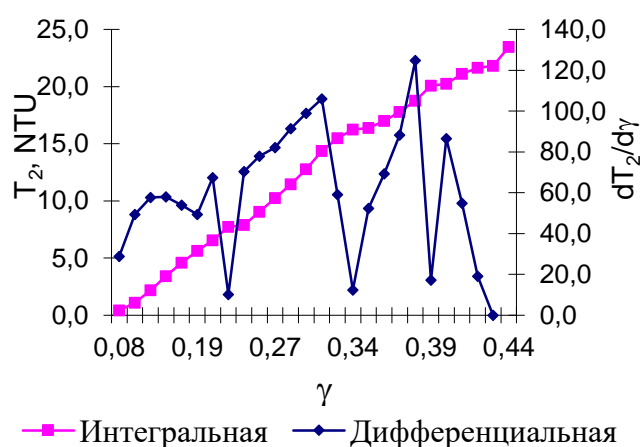


Рисунок 6. – Кривые интегрального и дифференциального турбидиметрического титрования раствора зеина кукурузы

Как видно, кривая зависимости мутности раствора зеина кукурузы от объемной доли осадителя (интегральная кривая турбидиметрического титрования) имеет пологую форму, что указывает на широкое ММР макромолекул зеина.

Дифференциальная кривая турбидиметрического титрования показывает, что зеин имеет пять макромолекулярных фракций с узкими ММР. Профиль и распределение этих фракций подтверждают литературные данные о том, что эти фракции представлены полипептидами α -зеина с ММ 24 и 26

кДа, γ -зеина 22 кДа, β -зеина 17 кДа и δ -зеина 12 кДа, соответственно.

Таким образом, в данном случае метод турбидиметрического титрования может заменить такие дорогостоящие методы анализа ММР белков, как гель-хроматография, ультрацентрифугирование и светорассеяние.

Данное исследование полидисперсности макромолекул зеина, выделенного из кукурузной муки местного производства, представляет большой интерес для дальнейшего изучения и определения механизмов гелеобразования и применения в медицине и пищевой промышленности.

4. Гелеобразующие свойства пектинов

Поведение пектинов в концентрированных растворах. Методами кондуктометрии, потенциометрии и вискозиметрии исследовано влияние структуры пектина, СЭ и типа этерификации на гелеобразование с поливалентными противоионами. Данные, полученные при кондуктометрическом титровании пектиновых кислот (яблочного и подсолнечного НМ-пектинов) с КОН и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, показывают, что полученные кривые характерны для полиэлектролитов. Значение электрической проводимости мономерного звена полимера (λ_p) яблочной пектовой кислоты больше, чем у подсолнечного пектина, и что это связано со СЭ, причем λ_p увеличивается по мере уменьшения СЭ. Нейтрализация этих пектинов раствором КОН приводит к постепенному увеличению характеристической вязкости раствора, в то время при использовании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ наблюдается снижение данного параметра.

Таким образом, наблюдаемые различие в значениях параметров электропроводимости и вязкости растворов пектина в зависимости от природы противоионов обусловлены в основном способностью полимерных цепей взаимодействовать с поливалентными ионами и вызывать набухание полиэлектролита в присутствии моновалентных противоионов.

Полученные гидродинамических свойств растворов НМ-пектина в присутствии солей поливалентных металлов данные и информация о внутримолекулярных и межмолекулярных эффектах, приводящих к образованию геля, показывают, что под действием ионов меди и алюминия происходят внутримолекулярные структурные изменения, связанные с экранированием заряда полимера и (или) образованием внутримолекулярных связей с участием ионов металлов, приводящие к компактной конформации макромолекулярного клубка. В отличие от действия хлорида меди и алюминия, связывание ионов кальция НМ-пектином происходит в следующем порядке. Как и в случае с ионами меди и алюминия, при низких концентрациях ионов кальция могут происходить преимущественно внутримакромолекулярные конформационные изменения и, как следствие, компактная конформация полимерного клубка. При достижении концентрации ионов кальция определенного значения происходит образование пектиновых микрогелей за счет димеризации полимера и перераспределения внутримолекулярных связей на межмолекулярные. Далее увеличение концентрации CaCl_2 приводит к образованию димеров и агрегатов полимера, в результате чего образуется сильно набухший гидрогель. Однозначно, что этот процесс ускоряется при дальнейшем увеличении концентрации полимера в растворе.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что даже в разбавленном растворе при взаимодействии пектиновых полимеров с ионами кальция происходит ряд конформационных изменений – от обычного экранирования заряда до образования агрегатов, напоминающих по структуре «яичную коробку». Димеризация цепей и агрегация макромолекул, по-видимому, происходят совместно. Это подтверждается резким увеличением гидродинамических свойств разбавленных растворов пектиновых веществ.

Таким образом, НМ-пектины в присутствии ионов металлов образуют различные внутримолекулярные и межмолекулярные связи, компактные и разветвленные структуры, а ионы кальция отличаются наибольшей активностью образовывать различные типы межмолекулярных агрегатов, в том числе трехмерных сеток.

Желеобразование НМ-пектинов с ионами кальция в концентрированных растворах. НМ-пектины образуют гели независимо от содержания сахара и кислотности среды. Для образования геля необходимо присутствие катионов таких двухвалентных металлов, как кальций и магний. Двухвалентные металлы участвуют в реакции связывания

молекулы НМ-пектина, что приводит к образованию пространственной гелевой структуры. Концентрация ионов металлов, необходимая для образования геля, зависит от содержания сухого вещества, используемых сахаров, значения рН продукта, а также от типа и количества буферной соли в продукте.

Исследования факторов, влияющих на реологические свойства желе, показали: повышение температуры приводит к размягчению консистенции получаемого желе; с возрастанием концентрации пектина при постоянном содержании кальция прочность геля повышается; с увеличением времени варки усиливается эффект деполимеризация пектина, способствующий ослаблению структуры желе; изменение величины рН среды (рН 3.5-4.2) в сторону как повышения, так и понижения кислотности, сопровождается незначительным снижением прочности желе; зависимость прочности желе от количества ионов кальция носит экстремальный характер, когда максимальное соотношение НМ-пектина и ионов кальция составляет 25-30 мг для яблочного пектина и 30-40 мг для подсолнечного на грамм пектина.

Таким образом, можно сделать вывод, что подсолнечный НМ-пектин, полученный под действием хлорида натрия, характеризуется широким диапазоном рН гелеобразования и, при прочих равных условиях, высокой прочностью геля (ПГ). Максимум прочности геля при увеличении количества ионов кальция можно отнести к области, где ионы кальция находятся в равном соотношении с карбоксильными группами ПВ. Следует также отметить, что гелеобразующие свойства НМ-пектина увеличиваются с уменьшением СЭ. Результаты, полученные в данной работе, могут быть применены в различных областях пищевой промышленности.

Новые факторы, влияющие на гелеобразование пектинов. Как было отмечено выше, существует множество факторов, которые влияют на условия образования геля и конечное его качество – прочность геля (ПГ). В этом основную роль играют свойства молекул пектина, их длина цепи и химическая природа связей, которые образуют сетку геля. При равных условиях ПГ увеличивается с ММ пектина и любая обработка, приводящая к деполимеризации цепей пектина, отражается на механических свойствах гелей.

Именно сравнительная оценка данных, полученных в результате исследований, позволили выявить четкие закономерности влияния ММ или гидродинамических свойств на ПГ как для ВМ-пектинов, так и для НМ-пектинов, выделенных из различных видов растительного сырья. Более высокие значения ММ, характеристической вязкости и гидродинамического радиуса пектинов значительно улучшают ПГ, в то время как значения M_z оказывают противоположное влияние на ПГ.

Влияние показателя полидисперсности M_z/M_w на ПГ приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние показателя полидисперсности (M_z/M_w) на ПГ

Пектины	ГК, %	СЭ, %	$M_w \cdot e^{-3}$, кДа	$M_z \cdot e^{-3}$, кДа	M_z/M_w	ПГ, °ТБ
Ай-85-60-2.0-СО	66.00	58.20	188	12030	63.99	153
Рв-120-7-2.0-СО	85.20	40.20	152	2433	16.01	168
ЯПМ-85-60-1.8-СО	68.00	52.40	134	2133	15.92	172
ЯПМ-120-5-2.0-СО	73.50	53.70	199	2673	13.43	180
ЯПМ-120-10-2.0-М	78.00	52.80	193	2820	14.61	183
Пр-85-60-2.0-СО	65.30	94.00	350	4975	14.21	190
LM-12 CG	69.00	35.00	136	596	4.38	192
ЯПВ-85-60-2.0-СО	64.80	77.50	260	1305	5.02	215

Как видно из таблицы 10, ПГ закономерно возрастает по мере уменьшения показателя M_z/M_w . Этот факт наглядно показывает, что независимо от величины M_w , чем выше значение M_z , тем слабее ПГ, полученный обоими видами пектина. Этим можно объяснить относительно слабое гелеобразование пектинов айвы, ревеня и персика, независящее от их ММ. По всей вероятности, склонность этих пектинов к агрегации, независимо от механизма их образования, может привести к преждевременному застудневанию и, в конечном счете, к разрушению общей структуры геля.

Таким образом, исходя из приведенных данных, при оценке качества геля помимо известных параметров важно учитывать значения СЭ и показателя полидисперсности M_z/M_w , которые указывают на степень молекулярной агрегации, препятствующей гелеобразованию независимо от структуры пектина. На основе систематического анализа значений M_z найдена связь между степенью молекулярной агрегации и полидисперсностью M_z/M_w и впервые выявлены факторы, влияющие на ПГ.

5. Функциональные продукты на основе композитных гелей и лактозы

Гидрогелиевые микросферы пектина с зеином как носители лекарственных веществ и пищевых ингредиентов. Целью данной части работы была разработка пектин-зеинового комплекса (ПЗК) для транспортировки новой лекарственной формы с использованием нестероидного противовоспалительного препарата – РХ.

Процесс образования комплексов был контролирован методами кондуктометрии, рН-метрии и турбидиметрии. ПЗК был получен путем постепенного добавления раствора пектина, содержащего РХ, к 75% раствору этанола, содержащего зеин, CaCl_2 (ZnSO_4) при комнатной температуре. Комплексы пектин-зеин-LgC были получены добавлением пектина и LgC в 0.05М фосфатном буфере (рН 5.5), содержащем РХ, к 75% спиртовому раствору зеина с CaCl_2 .

Полученные данные свидетельствуют о том, что степень инкапсулирования ЛВ в комплексе зависит от соотношения пектина и зеина: увеличение количества зеина в комплексе приводит к высокой степени связывания РХ. Степень набухания полимера уменьшается с увеличением содержания зеина. Эффект инкапсуляции увеличивается с 51 до 93% при всех соотношениях пектина и зеина. Следует также отметить, что увеличение количества РХ в 10 раз (соотношение пектин-зеин – 1:1.4) не дает необходимого эффекта инкапсуляции. Возможно, это связано с гидрофобной природой биополимера и плотностью упаковки полимерных цепей, т.е., предположительно, в этом случае в образовании комплекса могут участвовать энтальпийные факторы.

Для образования комплексов с инкапсулированным ЛВ, стойких в верхней части ЖКТ, эксперименты проводили, варьируя соотношения пектина и зеина, концентрацию и тип сшиваемого металла, содержание РХ и способы получения комплексов. Для этого к раствору пектина, содержащему РХ, добавляли 75% спиртовой раствор зеина, содержащий соли CaCl_2 и ZnSO_4 , причем РХ и сшивающих металлов бралось вдвое больше. Вместе с тем в ряде экспериментов для сравнительной оценки ионы кальция Ca^{2+} были заменены на ионы цинка Zn^{2+} .

Количество связанного РХ в комплексах определяли методом последовательной экстракции 75% этанолом и фосфатным буферным раствором (рН 6.4). Характеристика полученных комплексов: соотношение пектин:зеин, степень набухания и насыщения РХ представлены в таблице 11.

Результаты турбидиметрического титрования в присутствии ионов кальция показали, что с увеличением концентрации CaCl_2 весь зеин вовлекается в комплекс. При этом с увеличением концентрации зеина образуются два типа комплексов: пектин- Ca^{2+} -зеин

и пектин-зеин. Первый тип образуется, вероятно, в результате электростатических взаимодействий, за счет сшивания Ca^{2+} с цепями пектина. Образование второго типа, возможно, обусловлено слабыми гидрофобными взаимодействиями или коацервацией двух биополимеров.

Таблица 11 – Характеристика полученных комплексов: соотношение пектин:зеин, степень набухания и насыщения РХ

Источник сырья, тип пектина	Соотношение пектин:зеин (Me^{2+})	Степень набухания (S)	Кол-во инкап. РХ, %	Кол-во адсорб. РХ в комплексе, %
GENUL/200	1:2.0 (Ca^{2+})	6.0	76.0	12.4
	1:2.0 (Zn^{2+})	28.8	80.6	13.90
GENUL/200	1:1.5 (Ca^{2+})	6.7	95.2	14.0
	1:1.5 (Zn^{2+})	28.6	80.6	13.4
GENUL/200	1:1 (Ca^{2+})	11.0	83.3	5.3
	1:1 (Zn^{2+})	10.3	99.0	11.1
GENU L/200	1:0.35 (Ca^{2+})	29.1	81.8	15.6
	1:0.35 (Zn^{2+})	31.0	86.0	14.5
ВМ-ЯПМ-120-5-2.0	1:2.0 (Ca^{2+})	26.1	58.7	5.5
ВМ-ЯПМ-120-5-2.0	1.0 (Ca^{2+})	27.7	32.5	3.3
ВМ-ЯПМ-120-5-2.0	1:0.16(Ca^{2+})	30.2	39.0	4.3
НМ-ЯПШ-85-60-1.8	1:2.0 (Ca^{2+})	5.3	66.0	5.3
НМ-ЯПШ-85-60-1.8	1:1 (Ca^{2+})	8.9	61.1	6.4
	1:1 (Zn^{2+})	16.7	71.5	20.4

В комплексах с высоким и равным содержанием пектина с зеином (1:0.35 и 1:1) при замене ионов Ca^{2+} на ионы Zn^{2+} значительно увеличивается количество инкапсулированного РХ (от 81 до 86% и от 83 до 99% для пектина GENU L/200 и от 61 до 71% для пектина НМ-ЯПШ-85-60-1.8, соответственно).

На основе яблочного ВМ-пектина в присутствии ионов двухвалентных металлов образовывались слабые по структуре гидрогелиевые шарики, которые затем трансформировались в агрегаты. Степень связывания РХ в комплексах была выше для НМ-пектина, чем для ВМ-пектина. Эти различия связаны со спецификой строения пектина, который может образовать коацерваты с зеином и захватывать большее количество ЛВ.

Микросферы с пектином подсолнечника отличались меньшей степенью захвата ЛВ по сравнению с микросферами на основе цитрусового пектина. Степень набухания комплексов с увеличением доли пектина заметно повышалась от 4.0 до 5.3, а степень инкапсулирования РХ снижалась от 57.78 до 55.83%, в то время как степень набухания гидрогелей, сформированных цитрусовым и яблочным пектинами, была на несколько порядков выше и составляла 28.6-28.8 для цитрусового и от 26.1 до 27.7 для яблочного НМ-пектина (ЯПШ) в зависимости от доли полисахарида в комплексе. Самая низкая степень набухания отмечается у комплексов, сформированных подсолнечным и яблочным НМ-пектинами.

Данный факт представляет особое значение при создании носителей ЛВ стойких к действию желудочной кислоты: высокая степень набухания будет способствовать преждевременному высвобождению ЛВ, что приводит к нежелательной адсорбции лекарств на стенках желудка. Комплексы с низкой степенью набухания будут длительное время сдерживать уровень ЛВ, способствуя терапевтической эффективности препарата.

Предполагается, что комплексы с пектином подсолнечника будут проявлять кинетику медленного высвобождения ЛВ в желудочно-кишечном пространстве, что представляется важным при создании носителей ЛВ, стойких к действию желудочной кислоты.

Пониженная степень связывания РХ в микросферах с НМ-пектином подсолнечника, по сравнению с цитрусовыми, связана с особенностями структуры полисахарида, не исключая энтальпийные факторы: высокую степень полидисперсности, высокое содержание звеньев ГК. Сравнительная оценка также показывает, что по основным характеристикам (степень инкапсулирования ЛВ, степень набухания, механическая прочность) гидрогели с пектином подсолнечника несколько схожи с гидрогелями, полученными с яблочным пектином НМ-ЯПШ.

Таким образом, были определены оптимальные условия получения инкапсулированного лекарственного комплекса на основе природных биополимеров – пектина и зеина. Полученные результаты показали, что на процесс комплексообразования и степень насыщения ЛВ влияют природа биополимеров, их пропорции, а также наличие и тип двухвалентного металла. При формировании микросфер с НМ-пектином комплекс образуется в основном за счет сшивки с ионами двухвалентных металлов, а в случае ВМ-пектина посредством гидрофобных взаимодействий биополимера. В результате получены микросферы на основе пектина и зеина, которые могут быть применены для получения лекарственных носителей с контролируемым высвобождением.

Кинетика высвобождения пироксикама из пектин-зеиновых микросфер в условиях, имитирующих среду ЖКТ. Изучена кинетика высвобождения ЛВ из СДЛ на основе пектина и зеина кукурузы в условиях, имитирующих среду ЖКТ. Исходя из этого, для транспортировки плохо растворимого препарата из верхних отделов ЖКТ в кишечное пространство были разработаны СДЛ в виде микросфер на основе ПЗК, содержащих ионы двухвалентных металлов.

Кинетика процессов высвобождения ЛВ из СДЛ была изучена с использованием буферных растворов, имитирующих желудочную и кишечную среду. Для чего высушенные комплексы (50 мг) заливали буфером (50 мл HCl/KCl 0.2M, pH 1.2 – для среды желудка, 50 мл 0.2M фосфатный буфер, pH 6.4 – для среды кишечника). После термостатирования при 37°C экстинкцию растворов измеряли спектрофотометрически при 355 нм. Количество высвобождаемого ЛВ определяли по калибровочной кривой, построенной по чистому РХ.

Кинетика высвобождения РХ из пектин-зеиновых микросфер с цитрусовым НМ-пектином (LM-31), содержащих Zn^{2+} , в условиях, имитирующих среду ЖКТ, приведена на рисунке 7.

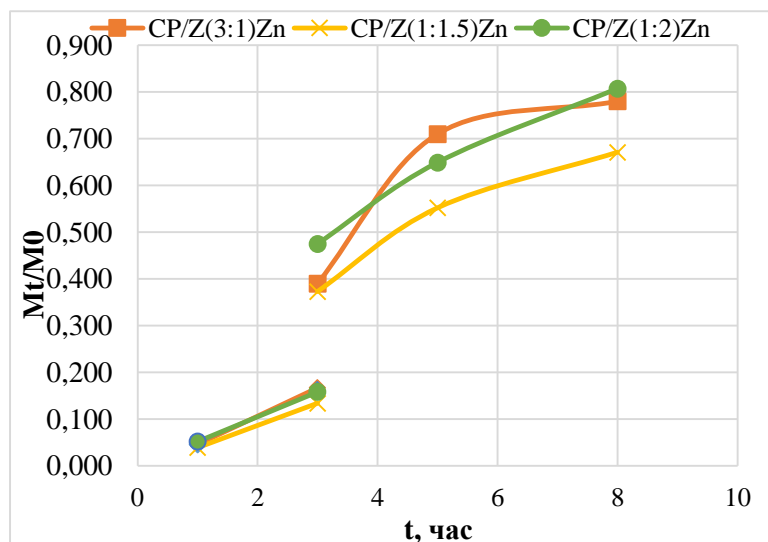


Рисунок 7. – Кинетика высвобождения РХ из ПЗК, содержащих Zn^{2+} и пектин цитрусовый LM-31 в условиях, имитирующих среду ЖКТ: отрезки – линии при pH 1.2, кривые линии – линии при pH 6.4

Использование этих комплексов (пектин-зеин 3:1, 1:1.5, 1:2), как и предполагалось, сдерживает уровень РХ в условиях, имитирующих среду ЖКТ, при pH 1.2, количество высвобождаемого РХ при этом составило 10 вес. %.

Высвобождение РХ в буфере, имитирующем среду кишечника, при pH 6.4 происходило следующим образом: начальное быстрое высвобождение, происходящее вероятно с поверхностного адсорбционного слоя комплексов с последующим спадом во времени. Как видно из рисунка 7, полученные кинетические кривые соответствуют уравнению реакции «первого» порядка.

Результаты исследований демонстрируют способность подобной доставки защитить лекарство от преждевременного высвобождения в физиологической среде желудка и тонкого кишечника. Следует также подчеркнуть, что система доставки также должна быть способна поддерживать уровень лекарства в крови в терапевтической дозе до высвобождения его в прямую кишку, что, в конечном счёте, приведет к уменьшению дозы лекарства и усилению терапевтического эффекта. Данные, полученные в настоящем исследовании, удовлетворяют в определенной степени этим требованиям, показывая возможность кинетики высвобождения нулевого порядка лекарства в течение более двадцати четырех часов.

Таким образом, на основании проведенного исследования продемонстрирована кинетика высвобождения активного вещества – РХ из СДЛ на основе биополимерных микросфер в условиях, имитирующих среду ЖКТ, что позволило установить некоторые кинетические особенности данных систем. Показано, что полученные СДЛ способны подавлять набухание пектина в желудке и препятствовать разрушению лекарства в верхней части ЖКТ. На основе анализа полученных результатов исследований можно судить об эффективности использования подобной системы в качестве носителей лекарственных препаратов.

Получение глюкозо-галактозного сиропа из молочной сыворотки. Исследования посвящены совершенствованию технологии производства ГГС из МС и его использованию в качестве сырья для производства мучных кондитерских изделий. При оптимизации процесса ферментации пермеата МС β-галактозидазой были определены оптимальные условия гидролиза лактозы, время проведения процесса составило 2 часа. Поскольку степень сладости сиропа является важным фактором, влияющим на его качество, длительность процесса гидролиза приводит к снижению концентрации глюкозы, что в свою очередь, приводит к снижению сладости сиропа, отрицательно влияя на его качество.

При производстве ГГС для улучшения его сладости была использована термообработка с целью определения оптимальных параметров ферментативного гидролиза сывороточного пермеата. Сравнительный анализ моносахаридного состава ГГС представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительный анализ моносахаридного состава ГГС

Углеводы	65% сухих веществ		70% сухих веществ	
	Предыдущий эксперимент, %	Новый эксперимент, %	Предыдущий эксперимент, %	Новый эксперимент, %
Глюкоза	45.0±2.0	42.0±0.2	43.0 ± 3.0	45.2± 0.2
Галактоза	20.0 ± 3.0	15.0± 0.2	24.0 ± 2.0	17.3± 0.1
Неидентифицированные сахара	-	~ 8	-	~ 7,5

Анализ моносахаридного состава показывает, что коммерческие β-галактозидазы способствуют полному гидролизу лактозы до глюкозы и галактозы, обеспечивая более высокий уровень сладости сиропа.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для повышения сладости ГГС после гидролиза пермеата сыворотки необходима термообработка. Были получены ГГС с содержанием сухого вещества $65\pm 2\%$ и $70\pm 2\%$. Хроматографический анализ показал, что ГГС содержит 43-48% глюкозы и 16-22% галактозы. Этот факт можно объяснить образованием галактоолигосахаридов, так как β -галактозидаза в условиях эксперимента оставалась активной. Рекомендуется концентрировать ГГС до 65% общего содержания сухих веществ.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований была разработана технология получения ГГС из пермеата МС путем ферментации с β -галактозидазой. Данная технология запатентована в Республике Таджикистан (Приложение Б диссертации). Предложена технология производства пряников с использованием ГГС и определены органолептические и физико-химические показатели готового продукта.

Результаты практического применения ГГС при производстве пряников на ЗАО «Лаззат» (г. Душанбе) были оформлены в виде акта об испытаниях с научно-экономической оценкой и рекомендациями по применению (Приложение Д диссертации).

ВЫВОДЫ

1. Проведено систематическое обобщение экспериментальных и литературных данных по разработке эффективных методов производства пектина из различных источников сырья, выявлены условия получения СДЛ и нутриентов на их основе [1А-37А].
2. Разработаны новые методы гидролиз-экстракции пектинов фруктовых выжимок с применением флеш-способа – способа быстрой экстракции под давлением и динамический метод гидролиз-экстракции пектина из КП, позволяющие сократить продолжительность процесса гидролиза, избежать чрезмерного воздействия кислот и высоких температур на состав и структуру молекулы пектина и управлять процессом с целью получения ПП с оптимальными структурными параметрами и выходом, что приводит к значительному снижению затрат и гибкости технологической линии производства пектина [1-А], [7-А], [8-А], [22-А], [24-А], [25-А], [29-А], [33-А], [38-А].
3. Исследованы ДУФ очистка и концентрирование пектинового гидролизата. Доказано, что в отличие от известных предлагаемый метод позволяет полностью очистить пектиновый гидролизат от нейтральных полисахаридов и других низкомолекулярных веществ с одновременным улучшением качества пектина (ММ, содержания ГК и СЭ), что делает возможным его применение в различных областях пищевой промышленности и биомедицине [5-А], [9-А], [20-А], [39-А], [42-А].
4. Показано, что при оптимизации процесса ДУФ путём разработки математической модели и изучение этой производственной модели, производительность установки повышается за счёт увеличения числа циклов диализа. На основе моделирования и оптимизации физико-химических параметров отдельных процессов производства ПП и разработанной принципиальной схемы автоматического управления технологических процессов предложена программа для возможного запуска промышленного производства пектина [27-А], [46-А], [57-А].
5. Научно обоснованы и предложены методы выделения концентрата лактоглобулинов (LgC) и лактозы из МС с использованием сочетания методов центрифугирования и ультрафильтрации (УФ), что позволит производить функциональные молочные продукты, обогащённые комплексом необходимых БАВ, обеспечивающих физиологические потребности различных групп населения [16-А], [30-А], [39-А].
6. Изучен механизм гелеобразования НМ-пектина и показано, что в присутствии поливалентных металлов, за исключением кальция, происходят внутримолекулярные

конформационные изменения, связанные с образованием димеров и полимерных агрегатов вплоть до фазового разделения сильно набухшего геля. Кроме известных параметров процесса гелеобразования пектина, предложено использовать значения показателя полидисперсности (M_z/M_w), отражающего степень молекулярной агрегации, что впервые позволило определить новый фактор, влияющий на прочность студня [11-А] [13-А], [26-А], [31-А], [35-А], [51-А].

7. Предложено инотропное гелеобразование пектинов в присутствии двухвалентных катионов с целью разработки условий получения комплексов на основе пектина и зеина с инкапсулированными лекарствами, устойчивыми к действию среды желудка. Показано, что ионы Zn^{2+} способствуют формированию более компактной структуры с пектином в качестве сшивающего металла по сравнению с ионами Ca^{2+} , что является важным при создании носителей лекарственных препаратов, устойчивых к преждевременному высвобождению ЛВ в верхней части ЖКТ [3-А], [4-А], [41-А].
8. Найдены оптимальные условия получения инкапсулированного лекарственного комплекса на основе природных биополимеров – пектина и зеина. Показано, что на процесс комплексообразования и степень насыщения ЛВ влияют природа биополимеров, их пропорции, а также наличие и тип двухвалентного металла. При формировании микросфер с НМ-пектином комплекс образуется в основном за счет сшивки с ионами двухвалентных металлов, а в случае с ВМ-пектином посредством гидрофобных взаимодействий биополимера [4-А], [6-А], [14-А], [19-А].
9. Продемонстрирована кинетика высвобождения активного вещества – РХ из СДЛ на основе биополимерных микросфер в условиях, имитирующих среду ЖКТ, что позволило установить некоторые особенности кинетики данных систем. Показано, что полученные комплексы способны подавлять набухание пектина в желудке и препятствовать разрушению лекарства в верхней части ЖКТ [3-А], [6-А], [18-А], [50-А], [51-А], [54-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам, полученным в данной работе рекомендуется:

1. Предложенные способы – флеш-способ и динамический способ гидролиз-экстракции ПВ и разработанная на их основе технология позволяют получать пектин с оптимальными физико-химическими свойствами из различных источников. Данная технология может найти применение для промышленного производства пектина из любого содержащего пектин сырья, полученный пектин может быть использован в различных областях пищевой промышленности и биомедицине.
2. Разработанный ТДУФ метод для очистки и концентрирования пектиновых гидролизатов позволяет полностью очистить пектиновые растворы от нейтральных полисахаридов и других низкомолекулярных веществ, отрицательно влияющих на качество пектина. Кроме того, использование данного метода делает технологию производства пектина более предпочтительным с экологической точки зрения.
3. Предложенная программа автоматического управления, основанная на моделировании и оптимизации физико-химических параметров отдельных процессов производства ПП, и разработанная принципиальная схема автоматического управления технологическими процессами могут быть применены для возможного запуска промышленного производства пектина.
4. Разработанный селективный ЛМ выделения LgC из МС с использованием процесса УФ разделения и полученные образцы молочно-белковых концентратов могут быть использованы в технологии производства концентрата МС и молочных продуктов в

качестве дополнительного компонента для повышения пищевой ценности готового продукта. Полученный ГГС в результате ферментативного гидролиза лактозы УФ-пермиата МС может быть использован в качестве сахарозаменителя при производстве мучных кондитерских изделий.

5. Результаты исследований гелеобразующих свойств пектина с учетом влияющих факторов на прочность гелеобразования могут быть применены при производстве желеобразных продуктов в различных отраслях пищевой промышленности.

6. Проведенные исследования процессов связывания и осаждения сывороточных белков яблочным НМ-пектином показывают перспективность использования пектина и белков МС в качестве ценных биологических добавок, обладающих защитными и профилактическими свойствами. На основе данного испытания рекомендуется использовать НМ-пектин вместо импортных стабилизаторов при производстве кисломолочных продуктов.

7. Полученные результаты по разработке гидрогелиевых микросфер на основе природных биополимеров – пектина и зеина с инкапсулированным лекарством, а также проведенные эксперименты по изучению кинетики высвобождения ЛВ из СДЛ позволяют судить об эффективности использования подобной системы в качестве носителей БАВ. Результаты исследования могут быть использованы при разработке носителей с контролируемым высвобождением БАВ в пищевой промышленности, в биомедицине и фармакологии. Разработанные и адаптированные экспериментальные методики для изучения кинетики высвобождения ЛВ из СДЛ, полученных в условиях, имитирующих среду ЖКТ, могут быть использованы в лаборатории для скрининга и предварительной оценки эффективности полимерных систем для доставки БАВ.

Результаты практического применения пектина в качестве гелеобразователя и стабилизатора и применения ГГС на пищевых предприятиях Республики Таджикистан были оформлены в виде актов испытаний и экспертных заключений с научно-экономической оценкой эффективности практического применения и рекомендациями по применению:

- Акт об испытании применения пектинового концентрата при производстве мармелада на фабрике «Ширин» (ОАО, г. Душанбе), (Приложение В);
- Акт об испытании применения пектинового концентрата при производстве кондитерских изделий на фабрике «Ширин» (ОАО, г. Душанбе), (Приложение Г);
- Акт об испытании применения глюкозо-галактозного сиропа при производстве пряников на «Лаззат» (ЗАО, г. Душанбе), (Приложение Д);
- Экспертное заключение по применению пектинового раствора для стабилизации кисломолочных продуктов (кефира и фруктового йогурта) на «Комбинати шири Душанбе» (АОЗТ, г. Душанбе), (Приложение Е).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, индексируемых в международные базы данных (Web of Science и Scopus и иностранные издания) и рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[1-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Effect of supporting electrolyte on hydrolysis of sunflower protopectin / D. Kh. Khalikov, Kh. Kh. Avloev, R. M. Gorshkova, Z. K. Mukhiddinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi) // Chemistry of Natural Compounds. – 2002. – V. 38 (2). – P.142-144. <https://doi.org/10.1023/A:1019631813174>.

[2-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Полисахариды ревеня скального (*Rheum rupestre*) / Р. М. Горшкова, А. С. Насриддинов, З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков, С. Д. Халикова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53, № 6. – С.87-90. ISSN 0579-2991; e-ISSN 2500-3070.

[3-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein microspheres as a Drug Delivery Systems / Z. K. Muhidinov, G. F. Kasimova, D. T. Bobokalonov, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. D. Khalikova, L. S. Liu // Pharmaceutical Chem. – 2010. – V. 44 (9). – С.20-24. <https://doi.org/10.1007/s11094-011-0518-x>.

[4-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Пектин-зеиновые гели для инкапсулирования лекарственных средств и пищевых ингредиентов / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Т. Бобокалонов, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касимова, L. S. Liu // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т.54. – Вып.11 – С. 97-100. ISSN 0579-2991.

[5-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Диаультрафилтрационное концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов / З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, А. С. Джонмуродов, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu, M. L. Fishman // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т.54. – Вып.2 – С. 121-125. ISSN 0579-2991.

[6-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein Hydrogels for the Delivery of Drugs and Nutrients / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), G. F. Kasimova, A. S. Nasridinov, L. S. Liu // Gums and Stabilisers for the Food Industry 16. Editors: P. A. Williams and G. O. Philips. – RSC Publishing. – 2012. – P. 401-406. <https://doi.org/10.1039/9781849734554-FP005>.

[7-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Physico-chemical characterization of pectic polysaccharides from various sources obtained by steam-assisted flash extraction (SAFE) / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Dzhonmurodov, D. Kh. Khalikov, M. L. Fishman // Macromolecular Symposia. Editors: V. Aseyev, H. Tenhu. – 2012. –V. 317-318 (1). – P. 142-148. <https://doi.org/10.1002/masy.201100108>.

[8-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectic polysaccharides from pumpkin fruit / A. S. Jonmurodov, Z. K. Mukhidinov, G. D. Strahan, S. E. Kholov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. L. Fishman, L. S. Liu // 18th Gums and Stabilisers for the Food Industry Conference / Ed. by Peter A. Williams and Glyn O. Philips. – RSC Publishing. – 2016. – P. 23-36. <https://doi.org/10.1039/9781782623830-00023/>.

[9-A] Ikromi Kh. I. Structural characterization of pectin obtained by different purification methods / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Ikromi, A. S. Jonmurodov, A. S. Nasridinov, S. R. Usmanova, J. T. Bobokalonov, G. D. Strahan, L. S. Liu // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – V.183. – P. 2227-2337. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.094>.

[10-A] Икромии Х. И. 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. – № 12(2). – С. 279-290. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-279-290>.

Статьи, опубликованные в других изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан

[11-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Гелеобразование низкометилизованного пектина в присутствии ионов поливалентных металлов / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков, Х. Х. Авлоев // Докл. АН РТ. – 2002. – Т. XLV, № 1-2. – С. 72-78.

[12-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Факторы, влияющие на желеобразование низкометилизованного пектина / З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2004. – Т. XLV11, № 1-2. – С. 77-79.

[13-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.), Мухидинов З. К., Авлоев Х. Х., Халиков Д. Х. Действие ионов поливалентных металлов на гелеобразование низкометилированного пектина. – Реферативный сборник непубликуемых работ НПИЦентра РТ. – Выпуск 01.2004. № И (1632). – 6 с., – Библиогр.: 7 назв. – Рус. – Деп. В НПИЦентре 14.04.2004 г.

[14-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.), Мухидинов З. К., Халиков Д. Х., Авлоев Х. Х., Овсепян А. М., Панов В. П. Особенности кинетики деэтерификации высокометилированного пектина. – Реферативный сборник непубликуемых работ НПИЦентра РТ. – Выпуск 01.2004. № 13 (1634). – 3 с., – Библиогр.: 3 назв. – Рус. – Деп. В НПИЦентре 14.04.2004 г.

[15-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Турбидиметрическое титрование зеина кукурузной муки / А. Ш. Штанчаев, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2007. – Т. 50, № 9-10. – С. 748-752.

[16-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Белки молочной сыворотки: анализ компонентного состава в полиакриламидном геле, выделение основных сывороточных белков / З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касымова, Ф. Н. Джураева, Д. Т. Бобокалонов, М. Д. Халикова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Известия АН РТ. – 2008. – №1(130). – С. 52-56.

[17-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Нерастворимые комплексы белков молочной сыворотки с различными пектинами / З. К. Мухидинов, А. Ш. Штанчаев, А. С. Насриддинов, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2008. – Т. 51, № 8. – С. 607-614.

[18-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Гидрогелиевые микросферы на основе биоразрушающих полимеров как носитель лекарственных средств / З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касымова, Д. Т. Бобокалонов, А. С. Насриддинов, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Л. Ш. Луи // Известия АН РТ. – 2009. – №1 (134). – С. 59-65.

[19-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Потенциометрическое титрование β -лактоглобулина молочной сыворотки / З.К. Мухидинов, С.Р. Усманова, Х.И. Тешаев (Х.И. Икромии), З.Б. Шарифова, Ф.Н. Джураева, Д.Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2011. – Т.54, № 2. – С. 124-128.

[20-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов на полупромышленной диа-ультрафильтрационной установке / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, Л. Ш. Лиу, М. Л. Фишман // Известия АН РТ. – 2011. – №1(142). – С. 67-73.

[21-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Взаимодействие низкометилированных пектинов с концентратом белков молочной сыворотки / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), С. Р. Усманова, О. Шамсоро, З. К. Мухидинов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 1 (51). – С. 158-164.

[22-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Характеристика пектина, полученного новым методом гидролиза экстракции из корзинок подсолнечника / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, А. С. Джонмуродов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 2 (52). – С. 162-167.

[23-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Микрокапсулы на основе пектина подсолнечника и концентрата белков молочной сыворотки / О. Шамсоро, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, С. Р. Усманова, З. Б. Шарифова, Л. Ш. Лиу // Известия АН РТ. – 2012. – №2 (147). – С. 89-95.

[24-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Физико-химические и гидродинамические свойства пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Ш. Ё. Холов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов, Н. К. Chau, L. S. Liu // Докл. АН РТ. – 2015. – Т. 58, №3. – С. 241-247. ISSN: 0002-3469

[25-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Строение пектиновых полисахаридов солеорастворимой фракции подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Ш. Ё. Холов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов, G. D. Strahan, L. S. Liu // Докл. АН РТ. – 2015. – Т.58, №4. – С. 320-325. ISSN: 0002-3469.

[26-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Новый фактор, влияющий на желеобразование пектиновых полисахаридов / Ш. Ё. Холов, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – №1 (67). – С. 151-155.

[27-А] Икромии Х. И. Особенности инженерного расчета процесса ультрафильтрационного концентрирования и очистки пектиновых полисахаридов / Ш. Ё. Холов, Х. И. Икромии, Н. И. Юнусов, З. К. Мухидинов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т.79, № 4. – С. 26-30.

[28-А] Икромии Х. И. Олигосахариды из плодов абрикоса, характеристика методом ВЭЖХ / М. Х. Рахмонов, А. С. Джонмуродов, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов // Актуальная биотехнология. – 2019. – №3 (30). – С. 201-204. ISSN 2304-4691.

[29-А] Икромии Х. И. Строение водорастворимой фракции пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Икромии, С. Р. Усманова, Ш. Ё. Холов, А. С. Насриддинов, З. К. Мухидинов, G. D. Strahan // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2020. – № 4. – С. 269-276.

[30-А] Икромии Х. И. Влияние типа и концентрации щелочного агента на углеводный состав глюкозо-галактозного сиропа / Р. С. Самадов, Х. И. Икромии, И. Ципровича, З. К. Мухидинов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2022. – № 2-3 (386-387). – С. 16-20.

[31-А] Икромии Х. И. Желеобразующие свойства низкометилированного пектина подсолнечника / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – №2 (49). – С. 28-35.

[32-А] Икромии Х. И. Парциальный удельный объем пектинов различного происхождения / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – №3 (50). – С. 26-32.

[33-А] Икромии Х. И. Фракционное выделение пектиновых полисахаридов подсолнечника в динамическом режиме / Х. И. Икромии // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 3 (59). – С. 72-76.

[34-А] Икромии Х. И. Микрокапсулирование биоактивных веществ для создания функциональных пищевых продуктов / Х. И. Икромии // Наука и инновация. – 2022. – № 3. – С.238-244.

[35-А] Икромии Х. И. Факторы, влияющие на реологические свойства желе на основе низкометилированного пектина / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – № 4/II (52). – С. 10-17.

[36-А] Икромии Х. И. Функциональные продукты на основе растительных источников / Х. И. Икромии // Наука и инновация. – 2023. – № 1. – С. 96-103.

[37-А] Икромии Х. И. Кинетика выхода пироксикама из пектин-зеиновых микросфер в условиях, моделирующих среду желудочно-кишечного тракта / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2023. – №1 (52). – С. 29-36.

Патенты на изобретения

[38-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Патент ТЈ 563 Республики Таджикистан. Флеш-способ производства пектина из растительного сырья / Мухидинов З. К., Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.), Джонмуродов А. С., Лиу Л. С. – НПИЦентр РТ, 2011. Бюл. №3 (11).

[39-А] Икромии Х. И. Патент ТҶ 1248 Республики Таджикистан. Способ производства глюкозо-галактозного сиропа / Самадов Р. С., Икромии Х. И., Мухидинов З. К. ГУ «НПИЦентр» МЭРиТ РТ, 2022. Бюл. № 182.

Список работ в материалах международных конференций

[40-А] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Investigation of alkaline de-esterification of pectin by infrared spectroscopy in solution / Z. K. Mukhidinov, A. M. Ovsepian, V. P. Panov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Kh. Kh. Avloev, D. Kh. Khalikov // The 5th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds, May 20-23, 2003. – Tashkent, 2003. – P. 233.

[41-А] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Role of polyvalent metal ions in the structural formation of low methoxyl pectin gels / Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Z.K. Mukhidinov, Kh.Kh. Avloev, D. Kh. Khalikov // The 5th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds, May 20-23, 2003. – Tashkent, 2003. – P. 246.

[42-А] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов диаультрафилтрацией / З. К. Мухидинов, М. А. Ахмедов, Х.Х. Авлоев, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Международная конференция: «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты», 25-27 октября 2006 года. – Душанбе, 2006. – С. 133- 134.

[43-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Химия и технология пектиновых полисахаридов. Достижения за последние 20 лет / З. К. Мухидинов, Х. Х. Авлоев, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Х. Халиков // Международная конференция: «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты», 25-27 октября 2006 года. – Душанбе, 2006. – С. 134- 135.

[44-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Образование зеин-пектиновых комплексов / З. К. Мухидинов, А. С. Насриддинов, С. Р. Усманова, А. Ш. Штанчаев, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Х. Халиков // Материалы III Международной научно-практической конференции: Перспективы развития науки и образования в 21 веке, 22-24 мая 2008 года. – Душанбе: Деваштич, 2008. – С. 170-173.

[45-А] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Some Hydrodynamic Properties of Pectin in Dilute Solution / Z. K. Mukhidinov, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Nasriddinov // The 9th International Hydrocolloids Conference, 15-19 June 2008. – Rasa Sentosa Resort, Singapore. – 2008. – P. 47-48.

[46-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Диаультрафилтрационная очистка и концентрирование пектиновых полисахаридов / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Пятая Всероссийская Каргинская конференция: «Полимеры-2010», 21-25 июня 2010 года. – Москва, 2010. – С. 146.

[47-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Гидрогелиевые композиции на основе пектина и зеина, как носители лекарственных веществ / Г. Ф. Касымова, Д. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Пятая Всероссийская Каргинская конференция: «Полимеры-2010», 21-25 июня 2010 года. – Москва, 2010. – С. 27-29.

[48-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Полупромышленная диаультрафилтрационная установка в производстве пектина / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, А. С. Насриддинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Подготовка научных кадров и специалистов новой формации в свете инновационного развития государств», 30,31 октября и 1 ноября 2010 года. – Душанбе: Ирфон, 2010. – С. 222-225.

[49-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Биологически активные продукты из вторичных ресурсов и отходов производства / З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии),

Г. Ф. Касымова, А. С. Джонмуродов, L.S. Liu // Сборник тезисов докладов международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и НПО к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды», 24-25 марта 2011 г. – Душанбе, 2011. – С. 140-142.

[50-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein Hydrogel for delivery of Drug and Nutrients / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), G. F. Kasimova, A. S. Nasridinov, L. S. Liu // The Sixteenth Gum and Stabilisers for the Food Industry, 28th June-1stJuly, 2011. – Wageningen, Netherlands. – 2011.

[51-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). A new factor effecting gel strength of pectin / Z. K. Mukhidinov, A. S. Jonmurodov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. L. Fishman // The Sixteenth Gum and Stabilisers for the Food Industry, 28th June-1stJuly, 2011. – Wageningen, Netherlands. – 2011.

[52-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Molar mass and molar mass distribution of pectin from different sources Abstract Book / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Dzhonmurodov, S. D. Khalikova, M. L. Fishman // The 14th IUPAC International Symposium on Macromolecular Complexes (MMC), University of Helsinki. – Helsinki, Finland, August 14-17. – 2011. – P. 110.

[53-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Delivery System from biodegradable polymers for encapsulation of poor water soluble drugs / Z. K. Mukhidinov, J. T. Bobokalonov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), F. M. Khojaeva, K. B. Murzagulova, L. S. Liu // The 4th International Workshop on Specialty Polymers for Environment protection, Oil Industry, Bio-, nanotechnology and medicine, May 20-21, 2011. – Almaty, Kazakhstan, 2011. – P. 65.

[54-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Drug Release from Zein/Pectin Hydrogels in Ex Vivo Experiments / Z. Mukhidinov, J. Bobokalonov, F. Khojaeva, Kh. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), L. S. Liu // The 3th International Congress on Biohydrogels. Gould Institute, November 08-12, 2011. – Florence, Italy. – 2011. – P. 98.

[55-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Пектиновые полисахариды из плодов тыквы / З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, С. Д. Халикова, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии», 15-17 марта 2012 года. – Худжанд, Республика Таджикистан, 2012. – С. 43-48.

[56-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Параметры, влияющие на желеобразование пектинов / А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии», 15-17 марта 2012 года. – Худжанд, Республика Таджикистан. – 2012. – С.37-43.

[57-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Purification and concentration of pectin polysaccharide hydrolysis by diaultrafiltration. A pilot plan scale / A. S. Jonmurodov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Z. K. Mukhidinov, L. S. Liu // XX International conference on Chemical Reactors «CHEMREACTOR-20», December 3-7. – Luxemburg. – 2012. – P. 184-185.

[58-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Gravity flow dynamic method for hydrolysis and extraction of pectin from sunflower / Z. K. Mukhidinov, R. M. Gorshkova, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), L. S. Liu // XX International conference on Chemical Reactors «CHEMREACTOR-20», December 3-7. – Luxemburg. – 2012. – P. 212-213.

[59-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Physico-chemical characterization of pectic polysaccharides from various sources obtained by steam assisted flash extraction (SAFE) / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Jonmurodov, D. Kh. Khalikov, M. L. Fishman // The 14th International Symposium on Macromolecular Complexes. – Helsinki, Finland. – 2012. – P.317-318.[doi:10.1002/masy.201100108](https://doi.org/10.1002/masy.201100108).

[60-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Молекулярная масса пектинов, полученных с использованием универсальной калибровки / А. С. Джонмуродов, Ш. Ё. Холов, Р. М. Горшкова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 1150 летию персидско-таджикского учёного Абубakra Рази, 27-28 мая 2015 года. – Душанбе. – 2015. – С.115-117.

[61-A] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). New approaches for pectin extraction from sunflower head residue / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), S. E. Kholov, S. R. Usmanova, A. S. Jonmurodov, J. T. Bobokalonov, L. S. Liu // Abstract for 19th Gum and Stabiliser for Food Industry Conference, June 27th - 30th. – Berlin, Germany. – 2017. – P. 18.

[62-A] Икромии Х. И. Молекулярная масса и ММР полисахаридов из корнеклубней эремуруса Гиссарского (пектинов, полученных с использованием универсальной калибровки) / А. С. Джонмуродов, Ш. Ё. Холов, Р. М. Горшкова, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции посвящённую «Дню химика» и 70-летию академика Ганиева И.Н., 28-мая 2018 года. – Душанбе. – 2018. – С. 221-224.

[63-A] Икромии Х. И. Влияние термообработки пермеата молочной сыворотки на качество глюкозо-галактозного сиропа / Р. С. Самадов, Х. И. Икромии, И. Ципровича, З. К. Мухидинов // Сборник статей XI Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания» Саратов, 28-29 ноября 2019 г. / Под ред. Симаковой И. В., Неповинных Н. В. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – С.130-134.

[64-A] Ikromi Kh. I. A new method for pectin extraction from sunflower head residue / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Ikromi, A. S. Jonmurodov, A. S. Nasriddinov, J. T. Bobokalonov, L. S. Liu // ACS Spring 2020 National Meeting and Expo. Mar. 22-26, 2020. <https://www.morressier.com/article/new-method-pectin-extraction-sunflower-head-residue/5e73dbce139645f83c22a03a?>

[65-A] Икромии Х. И. Характеристика пектинов, полученных из нетрадиционных источников сырья / А. С. Насриддинов, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, Х. И. Икромии, 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.461-467.

[66-A] Икромии Х. И. Влияние способов получения и очистки фруктовых гидролизатов на прочность пектиновых гелей / М. Х. Рахмонов, Ш. Ё. Холов, А. С. Джонмуродов, А. И. Ашуров, Х. И. Икромии, 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. 581-585.

[67-A] Икромии Х. И. Гидрогели на основе комплекса ионов двухвалентных металлов с пектинами как носители лекарственных веществ / Т. С. Маликов, А. С. Насриддинов, И. Б. Исмоилов, Х. И. Икромии, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Сборник статей первой международной научно-практической конференции “Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений и аспекты их применения”, 30-31 марта 2022. – Душанбе. – 2022. – С. 74-79.

Список работ в материалах республиканских конференций

[68-A] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Носители лекарственных препаратов на основе биополимеров / З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касьмова, М. Д. Халикова, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Тешаев (Х.И. Икромии), Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Материалы VI Нумановских чтений, 29-30 мая 2009 года. – Душанбе, 2009. – С. 102-104.

[69-А] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Концентрат лактоглобулинов из молочной сыворотки и методы их выделения / З. К. Мухидинов, А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Т. Бобокалонов, М. Д. Халикова, Г. Ф. Касымова, Ш. Р. Абдуллаева // Здравоохранение Таджикистана: Материалы второй Республиканской конференции «Здоровое питание – здоровая нация», с международным участием, 14 ноября 2009 года. – Душанбе, 2009. – № 3. – С. 44-49.

[70-А] Икромии Х. И. Инулин из корнеклубней топинамбура / А. И. Ашуров, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), А. С. Джонмуродов, К. Партоев, З. К. Мухидинов // Материалы XIV Нумановских чтений: «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», 22-ноября 2017 года. – Душанбе. – 2017. – С. 171-173.

[71-А] Икромии Х. И. Функциональные продукты на основе биополимеров / Р. С. Самадов, Х. И. Икромии, Дж. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Наука и техника для устойчивого развития», 28 апреля 2018 года. – Душанбе, 2018. – С. 30-34.

[72-А] Икромии Х. И. Структурные характеристики пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов, Г. Д. Страхан // Материалы республиканской научно-практической конференции: XVI Нумановских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», 27-октября 2021 г. – Душанбе, 2021. – С. 124-127.

ДОНИШГОҶИ ТЕХНОЛОГИИ ТОҶИКИСТОН

ТДУ: 664.292+664.6+614 (575.3)

Бо ҳуқуқи дастнавис

ТКБ: 30.16 (2Р)

И-41

ИКРОМӢ ХУРШЕД ИКРОМ
(Тешаев Хуршед Икромович)

**РАВАНДҶОИ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАТСИОНИИ ҲОСИЛ КАРДАНИ
ПЕКТИНҶО ВА КОМПОЗИТҶОИ ҶИЗОИИ ОНҶО БО САҶЕДАҶО**

АВТОРЕҶЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмий доктори илмҳои техникӣ аз рӯйи
ихтисоси 05.18.12 – Равандҷо ва дастгоҳҳои истеҳсоли ҳӯрокворӣ

Душанбе, 2024

Диссертатсия дар кафедраи технологияи истеҳсоли маводи хӯрокаи Донишгоҳи технологии Тоҷикистон ва дар доираи лоиҳаҳои Маркази байналмилалӣ илмӣ-техникӣ Т-1419 ва Т-1420 иҷро шудааст

Мушавири илмӣ:

Муҳидинов З.К. - доктори илмҳои кимиё, профессор, ходими калони илмӣ Институти кимиё ба номи В.И. Никитини АМИТ, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муқарризи расмӣ:

Додаев К.О., доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи бехатарии хӯрокворӣ ва истеҳсоли маҳсулоти функционалии Донишкадаи кимиёву технологии Тошкенти Ҷумҳурии Ўзбекистон

Джураев Х. Ф., доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи системаҳои иттилоотӣ ва коммуникатсионӣ дар идоракунии равандҳои технологии Донишкадаи муҳандисӣ-технологии Бухорои Ҷумҳурии Ўзбекистон

Зарифзода М. А., доктори илмҳои техникӣ, дотсент, и. в. профессори кафедраи техника ва энергетикаи гармои Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Муассисаи пешбар:

Донишгоҳи давлатии Намангон, ш. Намангон, Ҷумҳурии Ўзбекистон

Ҳимояи диссертатсия санаи 9-уми июли соли 2024 соати 9:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6Д. КОА-050 назди Донишгоҳи технологии Тоҷикистон дар суроғай: 734061, кӯч. Н.Қарабоев, 63/3, e-mail: dissovet.koa050@mai.ru. баргузор мегардад.

Бо диссертатсия дар китобхонаи илмӣ ва дар сомонаи www.tut.tj. Донишгоҳи технологии Тоҷикистон дар суроғай: 734061, кӯч. Н.Қарабоев, 63/3 шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи "___" _____ соли 2024 ирсол карда шудааст.
Котиби илмӣ Шурои диссертатсионии 6Д. КОА-050,
номзади илмҳои кимиё, и.в. профессор



М. Икромӣ

МУҚАДДИМА

Мубрами мавзу таҳқиқ. Таъмини амнияти иқтисодӣ ва озуқавории кишвар дар баробари саноатикунонӣ, истиқлолияти энергетикӣ, раҳой аз бунбасти коммуникатсионӣ барои даҳсолаи наздик яке аз ҳадафҳои стратегии Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад, ки муҳлати татбиқи он зимни истифодаи оқилонаи ҳам дастовардҳои илму техникаи мавҷуда ва ҳам дар марҳилаи таҳқиқ ва дар сатҳи озмоиш қарордошта, метавонад чанд маротиба кам карда шавад. Аз ин рӯ, дар саноати муосир роҳандозӣ ва истифодаи технологияҳои инноватсионии коркарди партовҳо, ки имкон медиҳад, аз маводи такрорӣ маҳсулоти дараҷаи мувофиқ ва арзон истеҳсол карда шавад, самти муҳим ва ояндадор ба ҳисоб меравад. Дар ин сурат суҳан дар бораи аз ашъёи хоми дуюмдараҷаи растанӣ истеҳсол намудани маҳсулоти озуқавории функционалӣ дар асоси полисахаридҳо ва сафедаҳо меравад.

Таҳқиқи сершумор нишон доданд, ки пектинҳо липопротеинҳои зичиашон пастро мепайванданд, хатари атеросклероз, ҷабби глюкоза, фишори хун ва омилҳои хавфи бемориҳои дилу рағро коҳиш медиҳанд, дар меъда ва рӯдаи тунук устуворанд ва тавассути ферментҳои бактерияҳои рӯдаи ғафс сохташон вайрон мешавад ва маҳсулоти таҷзияи онҳо ҳамчун пребиотикҳо ба ҳисоб мераванд.

Ҳамаи ин талаботи рузафзуни ҷаҳонро ба пектинҳо ва маҳсулоти дар асоси онҳо истеҳсолшавандаро инъикос мекунад. Ҳамин тариқ, тибқи маълумот аз "...маърузаи намояндаи маркази иттилоотии истеҳсолкунандагони гидроколлоидҳо «IMR International», дар бозори ҷаҳонӣ афзоиши мунтазами истеъмоли пектин ба ҳисоби миёна 3-3,5% дар як сол мушоҳида мешавад..."¹.

Дар баҳши хоҷагии қишлоқи Ҷумҳурии Тоҷикистон истеҳсоли меваю сабзавотҳои асосиро ишғол мекунад, ки партовҳои он асосан барои хӯроки чорво сарф мешавад. Тибқи омили расмӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон, дар соли 2021 дар ҷумҳурӣ мевагӣ ба миқдори 444,440 ҳазор тонна истеҳсол карда шуд, ки ин миқдор нисбат ба соли 2012 38,0 фоиз зиёд аст².

Бо дарназардошти гуфтаҳои боло, дар баробари ҷустуҷӯи манбаъҳои нави эҳтимолан ояндадори полисахаридҳои пектинӣ (ПП), таҳияи технологияҳои инноватсионӣ, ки раванди ба даст овардани полисахаридҳои ашъёи растаниро барои истеҳсоли ғизои функционалӣ танзим мекунанд, ниҳоят муҳим доништа мешавад. Аммо, бо вучуди мавҷуд будани шумораи зиёди манбаъҳои ашъёи хом, танҳо партовҳои ситрусӣ ва помаҳои себӣ татбиқи тичоратикунонии худро пайдо карданд. Зоҳиран, таҳқиқи сарчашмаҳои дигари ҳосил кардани пектин ё азнавсозӣ кардани усулҳои мавҷуда барои аз дигар манбаъҳо ба даст овардани пектини сифати дилхоҳ заруриятдоранд.

Самтҳои дурнамои истифодаи пектинҳо дар татбиқи онҳо ҳамчун иловагии ғизоӣ дар истеҳсоли маҳсулоти нави ғизоӣ ва маҳсулоти функционалӣ, ба шумор меравад. Гелҳои пектинӣ ва таносуби таркибии онҳо бо сафедаҳо дар саноати хӯрокворӣ ва биотиббӣ барои интиқоли самараноки ҷузъҳои таркибии хӯрокворӣ ва дорувориҳо истифода мешаванд. Аз ин лиҳоз, омӯзиши асосҳои илмӣ ташаккули таносуби таркибии хӯрокворӣ дар асоси пектин ва сафедаҳо бо ҷузъи ғилофак кардашудаи аз ҷиҳати биологӣ ғаёл барои истифодаи имконпазири онҳо ҳамчун ғизои функционалӣ вазифаи муҳим ба шумор меравад.

¹ Бозори гидроколлоидҳои ғизоӣ, 2020. IMR Байналмилалӣ / www.hydrocolloid.com

² Омори солонаи Ҷумҳурии Тоҷикистон // Маҷмуаи оморӣ /Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. – Душанбе, 2021. – 466 с.

Дарачаи коркарди илмии проблемаи мавриди омӯзиш. Кори диссертационӣ ба таҳияи усулҳои нави гидролиз-экстракцияи ПП бо истифода аз ашёи хоми маҳаллӣ, тақмили усулҳои тозакунии ва ғилзатнокии ПП тавасути технологияҳои каммасрафи энергия ва омӯзиши хосиятҳои гелҳосилкунандаи пектини камметиля (КМ-пектин), аз ҷумла ҳосил кардани композитҳо дар асоси пектин ва сафедаҳо бо ҷузъи аз ҷиҳати биологӣ фаъоли ғилофак кардашуда, ки ба таъсири муҳити меъда тобоваранд ва истифодаи эҳтимолии онҳо ҳамчун ғизои функционалӣ як самти нав дар таҳқиқи илмӣ дар ҷумҳурии мо ба шумор меравад, бахшида шудааст.

Робитаи таҳқиқ бо барнома (лоиха)-ҳо, мавзӯҳои илмӣ. Таҳияи технологияи истеҳсол кардани пектин ва сафедаҳо аз партовҳои маҳсулоти саноати хӯрокворӣ ва дар заминаи онҳо ҳосил кардани маводи композитсионӣ дар Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи илм ва технология барои солҳои 2011-2015 ва Барномаи рушди инноватсионии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2011-2020 ворид карда шуда, инчунин дар доираи лоихаҳои байналмилалии МБИТ (Т-1419, Т-1420) амалӣ гардидааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚ

Мақсади таҳқиқ: (1) таҳияи усулҳои нави гидролиз-экстракцияи ПП аз ашёи хоми маҳаллӣ, (2) тақмил додани усулҳои тозакунии ва ғилзатнокии ПП бо истифода аз технологияҳои каммасрафи энергия, (3) ҳосил кардани композитҳои ғизоӣ дар асоси комплекси пектинҳо бо сафедаҳо.

Вазифаҳои таҳқиқ. Ба мақсадҳои гузошташуда тавассути ҳалли вазифаҳои зерини таҳқиқию амалӣ ноил шудан мумкин аст:

1. Таҳияи равандҳои инноватсионии технологияи истеҳсоли пектинҳо аз манбаъҳои гуногуни ашёи хоми растанӣ бо хосиятҳои муайяни физикию кимиёвӣ ва таъмини самаранокии истеҳсолот ва тозагии муҳити зист;
2. Беҳинсози (оптимизатсия)-и параметрҳои раванди гидролиз-экстракцияи ПП аз манбаъҳои гуногун барои ҳосил кардани маҳсулот бо параметрҳои муносибкардашудаи таркибӣ ва татбиқи онҳо дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ ва биотехнологӣ;
3. Таҳияи амсилаи иттилоотӣ-мантиқии раванди технологияи истеҳсоли пектин бо усулҳои нав, таҳияи роҳҳои идоракунии равандҳои технологияи истеҳсолот бо мақсади автоматикунории равандҳои занҷираи истеҳсолӣ дар маҷмӯъ вобаста ба намуд ва сифати ашёи хом;
4. Ҷудо кардан ва таснифи намунаҳои сафедаҳо (зеин ва лактоглобулинҳо (Lg)) ва олигосахаридҳо (ОС) аз зардоби шир (ЗШ) ва орди ҷуворимаққа;
5. Омӯзиши хосиятҳои асосии пектинҳои ҳосилшуда (ММ, таркиби кислотаи галактуронӣ (КГ) ва ДЭ гуруҳҳои карбоксил) ва хосиятҳои гидродинамикии онҳо;
6. Таҳқиқи равандҳои ҳосил кардани комплексҳои пектинҳои гуногун бо сафедаҳо ва коркарди композитҳои устувор барои истифода ба сифати интиқолдиҳандаҳои маводи доруворӣ (МД) ва ҷузъҳои таркибии хӯрокворӣ;
7. Муайян намудани шароити муносиби (оптималии) ҳосил кардани комплекси доруворӣ ғилофак кардашуда дар асоси биополимерҳои табиӣ – пектин ва зеин ва омӯзиши таъсири омилҳои асосӣ ба устувории комплексҳо дар муҳити меъдаю рӯда;
8. Омӯзиши равандҳои кинетикии ихроҷи МД дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда;

Объектҳои таҳқиқ. Объектҳои таҳқиқ равандҳои технологияи анъанавии истеҳсоли пектин дар асоси гидролизи кислотагии маводи растанӣ бо ҷудокунии минбаъдаи он аз маҳлули ғилзатшуда бо спирти этилӣ, усулҳои ҷудо кардан ва ғилзаткунонии сафедаҳо, равандҳои гелҳосилшавандагии ПП, ташаккули микросфераҳои гидрогелии пектин бо сафедаҳо, кинетикаи ихроҷи МД дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда ва пектинҳо аз маводи гуногуни растанӣ ҳосилкарда, ба шумор мераванд.

Мавзуи таҳқиқ. Мавзуи таҳқиқ параметрҳои равандҳои истеҳсоли пектинҳо ва нишондиҳандаҳои миқдорӣ ва сифатии он, беҳинсозии параметрҳои сохтори ПП, автоматикунонии равандҳои истеҳсоли пектинҳо, интихоби усулҳои ҷудокунӣ, ғилзаткунонӣ ва муайянкунии сафедаҳо ва хусусиятҳои миқдории онҳо, тағйирёбии конформатсионии ПП дар маҳлулҳои ҳалшуда бо ионҳои бисёрвалентаи фулузотӣ, омилҳои таъсирбахшанда ба хосиятҳои реологии гел дар асоси пектин, параметрҳои равандҳои ҳосил кардани комплексҳои пектинҳои гуногун бо сафедаҳо, шароити ташаккули композитҳои интиқолдиҳандаҳои МД ва устувории онҳо дар муҳити меъдаю рӯда ва механизми кинетикии ихроҷи МД дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда, ба шумор мераванд.

Навгониҳои илмӣ таҳқиқ:

1. Усулҳои нави гидролиз-экстраксияи пектинҳо аз помаҳои мевагӣ ва сабади офтобпараст (СО): усулҳои флеш ва динамикӣ таҳия шуданд.

2. Тозакунӣ ва ва ғилзаткунонии гидролизати пектин бо усули диаултраполоишӣ (ДУП) пешниҳод карда шудааст. Дар асоси маълумоти сохторӣ ва хосиятҳои гидродинамикии пектинҳои ба даст овардашуда, бар хилофи усулҳои маъмул, усули пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки гидролизати пектин аз полисахаридҳои нейтралӣ ва дигар моддаҳои каммолекулярӣ пурра тоза ва ҳамзамон сифати пектин беҳтар карда шавад, собит шудааст.

3. Усулҳои аз ҷиҳати илмӣ асоснок ва пешниҳодшуда оид ба ҷудо кардани ғилзати лактоглобулин (LgC) ва лактоза аз ЗШ дар ҳамбастагӣ бо усулҳои центрифугонӣ ва ултраполоишӣ (УП) имкон медиҳанд, ки маҳсулоти функционалӣ бо маҷмӯи моддаҳои фаъоли биологӣ (МФБ) ва ба талаботи физиологии гурӯҳҳои гуногуни аҳоли ҷавобгӯ, истеҳсол карда шаванд.

4. Бо усули вискозиметрия ва парокандакунии нурҳои лазерии бисёркунҷа (МУЛС) хосиятҳои гидродинамикии пектинҳо муайян карда шудааст. Мақаррар карда шудааст, ки тағйироти ҷойгиршави (конформатсия)-и макромолекулаҳои пектин аз ДЭ гурӯҳҳои карбоксил вобастагии назаррас дорад: ҳангоми камшавии ДЭ гузариши сохтори спиралӣ ба лахта ба амал омада, ба раванди тақсироти гурӯҳҳои озод ва этерифитсионӣ таъсири назаррас мерасонад.

5. Қобилияти гелҳосилкунии КМ-пектин таҳқиқ карда шуд. Ҳамзамон, ошкор карда шуд, ки ҳангоми мавҷудияти фулузҳои поливалентӣ (ба ғайр аз калтсий) тағйироти конформатсионии дохилимолекулярӣ бо ҳосил шудани агрегатҳои димерию полимерӣ то ҳадди ҷудошавии фазавии гели баланд варамкардашуда, ба амал меояд. Пешниҳод карда шуд, ки қиммати нишондиҳандаи полидисперсионии (M_z/M_w) дараҷаи агрегатсияи молекулавиро инъикоскунанда бори аввал ҳамчун омилҳои нави ба устувории гел таъсиркунанда муайян карда шаванд.

6. Гелҳосилкунии инотропии пектинҳо дар ҳузур катионҳои дувалента бо мақсади таҳияи шароити ҳосил кардани комплексҳо дар асоси пектин ва зеин бо доруи ғилофак кардашуда, ки ба таъсири муҳити меъдаю рӯда тобовар мебошанд, мавриди истифода қарор дода шуданд. Нишон дода шудааст, ки ионҳои Zn^{2+} ҳамчун фулузҳои алоқаманд

бо пектин дар муқоиса бо ионҳои Ca^{2+} ба ташаккули сохтори зичтар мусоидат мекунад, ки ин ҳангоми тавлиди интиқолдиҳандаҳои дорувории тобовар ба ихроҷи пеш аз муҳлати МД дар қисми болоии меъдаю рӯда муҳим аст.

7. Баҳодиҳии кинетикаи ихроҷи дору – пироксикам (РХ) аз системаи интиқоли доруворӣ (СИД) дар шароити амсилашудаи муҳити меъдаю рӯда дода шудааст, ки ин имкон дод баъзе хусусиятҳои кинетикаи ин система муқаррар карда шаванд. Исбот шудааст, ки комплексҳои бадастовардашуда қодиранд варамшавии пектинро дар меъда рафъ кунанд ва нобудшавии маводи доруро дар қисми болоии муҳити меъдаю рӯда пешгирӣ кунанд.

Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқ:

1. Равандҳои инноватсионии технологияи истеҳсоли пектинҳо аз манбаъҳои гуногуни ашёи хоми растанӣ бо хосиятҳои муайяни физикию кимиёвие, ки самарабахшии истеҳсолот ва тозагии муҳити зистро таъмин мекунад, таҳия шудаанд: флеш-усули гидролиз-экстраксияи пектинҳо аз помаҳои мевагӣ ва усули динамикии гидролиз-экстраксияи пектин аз СО.

2. Тозакунӣ ва ғилзаткунонии гидролизати пектинӣ бо усули ДУП таҳия ва дар истеҳсолот татбиқ карда шуд.

3. Модели иттилоотию мантиқии раванди технологияи истеҳсоли пектин аз помаҳои себӣ бо усули нав дар асоси равандҳои алоҳидаи занҷираи технологӣ ва хараҷоти селҳои массавии байни звеноҳо таҳия карда шуд. Истифодаи нақшаи идоракунии раванди технологияи истеҳсоли пектин имкон медиҳад, ки равандҳои даврии истеҳсолот вобаста ба навъ ва сифати ашёи хом автоматонида шаванд.

4. Усулҳои ҷудо кардани LgC ва лактоза аз ЗШ бо истифода аз ҳамбастагӣ бо усулҳои сентрифугонӣ ва УП пешниҳод гардидаанд, ки имкон медиҳанд истеҳсоли маҳсулоти функционалӣ бо маҷмӯи моддаҳои фаъоли биологӣ ва ба талаботи физиологии гурӯҳҳои гуногуни аҳоли ҷавобгӯ, ба роҳ монда шаванд.

5. Шароити муносиби ҳосил кардани комплекси дорувории ғилофак кардашуда дар асоси биополимерҳои табиӣ – пектин ва зеин муайян карда шудаанд. Исбот шудааст, ки табиати биополимерҳо, таносуби онҳо, инчунин мавҷудият ва навъи фулузоти дувалента ба раванди ташаккули комплексӣ ва дараҷаи сершавии МД таъсир мерасонанд.

6. Як қатор озмоишҳо оид ба хосиятҳои гелҳосилкунӣ ва устуворкунандагии пектини себии бо флеш-усули ҳосилшуда дар истеҳсоли маҳсулоти қаннодӣ дар ҶСК «Ширин» (Душанбе) ва маҳсулоти ширӣ (кефир ва йогурти мевагӣ) дар ҶСШП «Комбинати шири Душанбе» гузаронида шуданд.

7. Пешниҳод карда шуд, ки СИД дар асоси биополимерҳо барои тавлиди шаклҳои нави доруворӣ ва маҳсулоти функционалии ғизоӣ истифода карда шаванд.

Нуктаҳои асосии ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Усулҳои истеҳсоли пектинҳо аз манбаъҳои гуногун: флеш-усули гидролиз-экстраксияи пектинҳои помаҳои мевагӣ ва усули динамикии гидролиз-экстраксияи пектин аз СО.

2. Тозакунӣ ва ғилзаткунонии гидролизати пектинӣ бо усули ДУП.

3. Модели иттилоотию мантиқии раванди технологӣ ва нақшаи идоракунии раванди технологияи истеҳсоли пектин.

4. Тағйироти конформатсионии макромолекулаҳои пектинӣ дар вобастагӣ аз ДЭ гурӯҳҳои карбоксилӣ бо истифода аз вискозиметрия ва усули МУЛС.

5. Истифодаи параметри нав – M_z/M_w , ки дараҷаи агрегатсияи молекулавиро ҳангоми муайян кардани сифати гел тавсиф мекунад.

6. Усули ташаккули микросфераҳои гидрогелӣ барои тавлиди СИД.

7. Намоиши кинетикаи ихроҷи МД аз СИД дар шароити амсилашудаи муҳити меъдаю рӯда, ки имконияти муқаррар кардани баъзе хусусиятҳои кинетикаи ин системаро медиҳад.

8. Аҳамияти амалии натиҷаҳои таҳқиқи пектин ҳамчун гелҳосилкунанда ва устуворкунандаи маҳсулоти хӯрокворӣ дар корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо. Эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада бо истифодаи усулҳои муосири физикию кимиёвӣ, аз қабилӣ, 1D ва 2D-ЯМР ва ИК-Фуре спектроскопия, МУЛС, ки дар дастгоҳҳои беназири ширкатҳои машҳур (Waters, Tesla, Wyatt Technology (ШМА), Перкин Элмер (Швейцария) ва ғайра) ва бо такрорҳосилкунии хуби натиҷаҳои таҳқиқ ва усулҳои омории таҳлил, тасдиқ карда шудаанд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисос. Диссертатсия аз рӯи мазмун ва натиҷаҳои бадастомада ба шиносномаи ихтисоси 05.18.12 – Равандҳо ва дастгоҳҳои истеҳсоли хӯрокворӣ (бандҳои 1-3) мувофиқат мекунад.

Тасвиби натиҷаҳои таҳқиқ. Натиҷаҳои асосии кор дар зиёда аз 24 конференсияю симпозиумҳои байналмилалӣ ва республикавӣ маъруза ва муҳокима карда шуданд, аз ҷумла: Нахустин конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Дурнамои рушди таҳқиқот дар соҳаи химияи пайвастагиҳои координаторӣ ва ҷанбаҳои татбиқи онҳо» (Душанбе, 2022); Конференсияи XII ҷумҳуриявии илмию амалӣ бо иштироки байналмилалӣ «Технологияҳо ва маҳсулоти ғизои солим» (Саратов, 2021); Ҷаласаи миллӣ ва намоишгоҳи баҳорӣи ҷамъияти кимиёвии Амрико (ACS) (Филадельфия, ИМА, 2020); Конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Технологияҳо ва маҳсулоти ғизои солим» (Саратов, 2019); Конференсияи 19-уми «Гел ва стабилизаторҳо барои саноати хӯрокворӣ» (Берлин, Олмон, 2017); Конфронси 18-уми «Гел ва стабилизаторҳо барои саноати хӯрокворӣ» (Рексхэм, Британияи Кабир, 2015); Конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ бахшида ба 1150-солагии донишманди форсу тоҷик Абӯбакри Розӣ (Душанбе, 2015); 14-умин симпозиуми байналмилалӣ оид ба комплексҳои макромолекулярӣ (Хелсинки, Финляндия, 2012); Конференсияи XX байналмилалӣ оид ба реакторҳои кимиёвӣ СЕМРЕАКТОР-20 (Люксембург, 2012); Конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Мушкилоти рушди устувори саноати хӯрокворӣ дар Осиёи Марказӣ» (ш. Худжанд, 2012); Конгресси 3-юми байналмилалӣ оид ба биогидрогелҳо (Флоренсия, Италия, 2011); 4-умин семинари байналмилалӣ оид ба полимерҳои махсус барои ҳифзи муҳити зист, саноати нафт, био-, нанотехнологияҳо ва тиб (Алмаато, Қазоқистон, 2011); Конференсияи 16-уми «Гел ва стабилизаторҳо барои саноати хӯрокворӣ» (Вагенинген, Нидерландия, 2011); Конференсияи байналмилалии «Ҳавасмандгардонии иқтисодӣ ҷомеа, илм ва созмонҳои ғайридавлатӣ барои нигоҳдории гуногунии биологӣ ва ҳифзи муҳити зист» (Душанбе, 2011); Конференсияи байналмилалии илмӣ-амалии «Тайёр намудани кормандони илмӣ ва мутахассисони замони нав аз нигоҳи тараққиёти инноватсионии давлатҳо» (Душанбе, 2010); Конференсияи панҷуми умумирусиягии Каргинӣ «Полимерҳо-2010» (Москва, 2010); Конференсияи дуҷуми ҷумҳуриявии «Хӯроки солим – миллати солим» бо иштироки байналмилалӣ (Душанбе, 2009); Конференсияи республикавӣ илмию амалӣ: хонишҳои Нуъмонов (Душанбе 2009, 2017, 2021); Конференсияи 9-уми байналмилалии гидроколлоидҳо (Сингапур, 2008); Конфронси III байналмилалии илмӣ-амалии «Дурнамои рушди илм ва маориф дар асри 21» (Душанбе, 2008) ва ғ.

Интишорот аз рӯйи мавзуи диссертатсия. Мазмуни асосии диссертатсияи докторӣ дар 72 асари чопӣ ба таъб расидааст, аз ҷумла: 37 мақола дар нашрияҳое, ки Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия кардааст (аз ҷумла, 10 мақола дар маҷаллаҳое, ки дар манбаҳои байналмилалӣ маълумот шохисишуда (Web of Science, Scopus ва нашрияҳои хориҷӣ) ва инфиродӣ 7 адад); 2 патенти хурд оид ба ихтирооти Ҷумҳурии Тоҷикистон; 28 фишурдаҳои маърузаҳо дар конференсияҳои байналмилалӣ ва 5 фишурдаҳои маърузаҳо дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз муқаддима, чор боб, хулосаҳо, пешниҳодҳо барои истеҳсолот ва рӯйхати адабиёт, 335 маъхаз иборат аст. Диссертатсия дар 310 саҳифа пешниҳод шуда, 54 ҷадвал ва 41 расмро дар бар мегирад.

Саҳми шахсии муаллиф. Концепсияи умумии диссертатсия, сохтори он, дараҷаи дарки проблемаҳои дар он баррасишуда, натиҷаҳои бадастоварда ва хулосаҳои баровардашуда, муқаррароти барои ҳимоя пешниҳодшуда саҳми хоси эҷодии муаллиф ва танҳо нуқтаи назари ӯро дар бораи диссертатсия инъикос менамояд. Натиҷаҳои асосие, ки дар баҳши «Навгониҳои илмӣ таҳқиқ» ва дар асоси муқаррароти барои дифоъ пешниҳодшуда инъикос ёфтаанд, аз ҷониби муаллиф дар ҳамкорӣ бо гурӯҳи муаллифон таҳти роҳбарии мушовири илмӣ ба даст оварда шудаанд. Таҳияи усулҳои таҳқиқ, алгоритмҳои ҳисобҳои ададӣ ва тафсири натиҷаҳо низ муаллифи диссертатсия дар якҷоягӣ бо ҳаммуаллифон анҷом додааст. Озмоишҳои амалӣ оид ба пектин ҳамчун гелҳосилкунанда ва устуворкунандаи ғизо дар корхонаҳои хӯроквории Ҷумҳурии Тоҷикистон аз ҷониби муаллиф шахсан гузаронида шудааст.

Муаллиф ба мушовири илмӣ, доктори илмҳои кимиё, профессор З. К. Муҳидинов барои пешниҳоди мавзуи таҳқиқи дурнамоасос, мураттаб сохтани идеяи кори диссертатсионӣ ва иштирок дар муҳокимаи натиҷаҳои муҳимтарин ва омода кардани диссертатсия изҳори миннатдорӣ баён менамояд.

Муаллиф ба доктори илмҳои кимиё, профессор, академики АМИТ, мудирӣ озмоишгоҳи пайваस्ताгӣҳои калонмалекулавии Пажуҳишгоҳи кимиё ба номи В. И. Никитинаи АМИТ Д. Х. Халиков самимона изҳори сипос менамояд. Муаллиф инчунин ба ҳаммуаллифон барои наشري натиҷаҳои кор миннатдорӣ баён мекунад.

Муаллиф ба доктор Лиу Лин Шу ва доктор Маршал Фишман, ҳамкорон ва шарикони лоиҳаҳои МБИТ Т-1419 ва Т-1420, ки ба шарофати онҳо ба таҳқиқ ёрии молиявӣ ва ташкилӣ расонида шуд, инчунин ба корманди озмоишгоҳи Маркази таҳқиқи минтақавии шарқии Департаменти давлатии ШМА оид ба хоҷагии қишлоқ доктор Гари Страхан барои ба қайд гирифтани спектрҳои ЯМР-и пектинҳо изҳори миннатдорӣ баён мекунад.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ТАҲҚИҚ

Объект ва методҳои таҳқиқ. Дар ин боб тавсифи объектҳои таҳқиқ, тарзи тайёр кардани реагентҳо ва усулҳои гузаронидани таҳқиқ оварда шудаанд.

Объектҳои таҳқиқ равандҳои технологияи анъанавии истеҳсоли пектин дар асоси гидролизи кислотагии маводи растанӣ бо ҷудокунии минбаъдаи он аз маҳлули ғилзатшуда бо спирти этилӣ, усулҳои ҷудо кардан ва ғилзаткунонии сафедаҳо, равандҳои гелҳосилшавандагии ПП, ташаккули микросфераҳои гидрогелии пектин бо сафедаҳо, кинетикаи ихроҷи МД дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда ва пектинҳо аз маводи гуногуни растанӣ ҳосилкарда, ба шумор мераванд.

Усулҳои омӯзиши хосиятҳои физикӣ-кимиёвӣ ПП аз усулҳои такмилёфтаи титриметрӣ ва спектроскопия ИК-Фуре ва усули хроматографияи истисноии моеъ иборат буданд. Таркиби моносахаридҳои пектинҳо бо усули хроматографияи газу моеъ муайян карда шуд. Барои муқаррар намудани сохтори ПП усулҳои спектроскопияи ИК-Фуре ва ЯМР истифода шуданд. Қобилияти гелҳосилкунии пектинҳо бо усули Гарр-Бейкер ва устувории гели пектинӣ бо Риджелиметр муайян шуданд. Сафедаҳо бо истифода аз спектрофотометрия, электрофорези он дар гелҳои полиакриламид дар ҳузури додетсил сульфати натрий ва электрофорези шаър (капилляр)-ӣ ҷудо ва ташхис карда шуданд. Полидисперсияи макромолекулаҳои сафеда (зеин) бо усули титронии турбидиметрӣ муайян карда шудаанд.

НАТИЧАҲОИ ТАҲҚИҚ

1. Полисахаридҳои пектинӣ ва хусусиятҳои технологияи истеҳсоли онҳо

ПП дар ҳама растанӣҳои гулдори олий мавҷуданд, онҳо ба таркиби деворҳои ҳуҷайравӣ (ДХ) дохил мешаванд ва тақрибан сеяки ҳиссаи моддаҳои хушки ДХ-ро ташкил медиҳанд. Онҳо ба полисахаридҳои дигари растанӣ бо пайвандҳои ковалентӣ тавассути олиго- ва полисахаридҳои сохторҳои гуногун алоқаманданд. Таҳияи шартҳои гузаронидани гидролиз-экстраксия барои ҷудо гардидани ПП аз ДХ растанӣ бо баромади ҳадди аксар кори хеле душвор ба шумор меравад. Дар ин маврид, барои ҳосил кардани моддаҳои пектинӣ (МП) дорои хосиятҳои муайяни физикию кимиёвӣ зарурияти танзими хеле хуби параметрҳои сершумори ин раванд лозим мебошад. Таҳия намудани тарз ва усулҳои нави истеҳсоли ПП бо кам кардан ё амалан барҳам додани истифодаи реагентҳои кимиёвӣ, инчунин ҷорӣ намудани технологияи каммасрафи энергия ва истифодаи ашёи хоми маҳаллӣ барои истеҳсоли МП, омӯختани раванди таҷзияи матритсаи полисахаридҳои ашёи хоми гуногуни растанӣ, таъсири параметрҳои раванди истихроҷ ба баромади маҳсулот, параметрҳои асосии физикӣ-химиявӣ ва молекулавию массавӣ ва хусусиятҳои қиёсии онҳо, инчунин баъзе равишҳои ба коркарди ашёи хом мансуббуда, ки имконияти баланд бардоштани сифат ва кам кардани арзиши аслии маҳсулоти ниҳоиро медиҳанд, мавзӯи таҳқиқ дар ҳама қисмати додашудаи кори илмӣ ба шумор меравад.

Дар айни замон технологияи ҳосил кардани ПП ба таҷзияи кислотагии ашёи хоми растанӣ бо ҷудо гардидани пектин аз маҳлули таҷзияшуда бо роҳи ғилзатнокгардонии он дар таҷҳизоти бухоркунии вакуумӣ ва аз ғилзат бо миқдори зиёди спирти этилӣ таҳшон кардашуда асос ёфтааст. Дар ин шароит таназзули макромолекулаҳои пектинӣ ба амал меояд, ки боиси аз даст додани хосияти асосии пектин – гелҳосилкунӣ мегардад.

Вобаста ба ин, усули нави гидролиз-экстраксияи ПП бо истифодаи флеш-усул ҳамчун усули зуд истихроҷкунандаи он таҳти фишор таҳия карда шуд.

Флеш-усули таҷзияи пектинҳо аз партовҳои мева. Аз ҷониби мо усули нави гидролиз-экстраксияи ПП – флеш-усул, ки бо суръати баланди истихроҷ зери фишор тасниф мешавад, таҳия карда шудааст. Истифодаи ин усул имкон дод, ки давомнокии раванди гидролиз-экстраксия то якчанд дақиқа кам карда, нишондиҳандаи баромади маҳсулоти таҷзияи ПП аз маводи растанӣ беҳинсозӣ карда шавад.

Ба сифати ашёи хом барои ҳосил кардани экстрактҳои пектинӣ навъҳои себи Графенштейнии сурх (СГС) ва Нахустзодаи Самарқандӣ (НС), пӯсти лиму (ПЛ), биҳӣ (Бх), зардолу (Зр), шафтолу (Шф), поя ва баргҳои ревоҷ (Рв), меваи каду (МК) ва сабади офтобпараст (СО) мавриди истифода қарор гирифтаанд.

Қиматҳои ададии баромадҳои фраксияҳои ПП аз маводи гуногуни растанӣ вобаста ба усули гидролиз-экстраксия (усули анъанавӣ (УА) ва флеш-усул) дар ҷадвали 1 нишон дода шудаанд.

Ҷадвали 1 – Баромадҳои фраксияҳои ПП аз ашёи хоми растанигӣ вобаста аз усули гидролиз-экстраксия

Баромади фраксияҳои ПП, %						
Ашё	МГ		МП		ОС	
	УА	Флеш-усул	УА	Усули флеш	УА	Флеш-усул
СГС	3.60	2.60	14.25	23.60	24.65	28.00
НС	2.00	2.26	22.00	22.37	20.60	31.87
Бҳ	1.40	4.50	11.40	12.40	25.90	56.50
Зр	1.22	3.76	4.86	7.05	37.92	69.19
ПЛ	2.00	2.06	19.00	20.06	23.80	45.84
Рв	1.11	3.18	12.36	17.50	35.03	29.32
Шф	0.86	4.28	6.49	7.20	37.85	43.36
МК	1.19	8.68	2.24	3.77	73.71	76.92
СО	4.30	8.20	10.20	24.68	13.40	7.50

Аз ҷадвали 1 бармеояд, ки баромади умумии фраксияҳои маҳсулоти таҷзиягардидаи ПП (микрогел – МГ, МП, ОС) барои ҳамаи намудҳои ашёи хоми бо флеш-усул кор карда шуда нисбат ба УА ба таври назаррас зиёд мебошанд. Инчунин, натиҷаҳои дар ин ҷадвал овардашуда нишон медиҳанд, ки баромади МГ бо флеш-усул барои ҳама намудҳои ашёи хоми истифодашуда, ба истиснои СГС, бештар баланд мебошанд.

Вазни молекулавии МП, нишондоди полидисперсионӣ (M_w/M_n) ва таносуби миқдории фраксияҳои агрегатсияшуда (МГ) дар ҷадвали 2 оварда шудаанд.

Ҷадвали 2 – Хусусиятҳои молекулавии муқоисавии МП, ки бо усулҳои гуногун ҳосил гардидаанд

Ашё	$M_w \cdot e^{-3}$, кДа		M_w/M_n		$M_z \cdot e^{-3}$, кДа		МГ, %	
	УА	Флеш-усул	УА	Флеш-усул	УА	Флеш-усул	УА	Флеш-усул
СГС	134.00	168.40	3.80	2.50	1133	2820	23.50	20.00
НС	112.00	92.50	5.60	4.50	4743	1558	36.50	18.50
Бҳ	176.00	66.30	4.35	3.20	7309	153	25.00	8.50
Зр	114.50	713.00	4.70	12.10	755	1479	18.50	8.50
ПЛ	107.80	82.00	2.89	9.00	267	426	18.50	16.00
Рв	268.00	107.40	4.80	2.30	1479	325	26.50	49.00
Шф	243.80	65.50	6.30	3.07	2103	145	14.50	23.00
МК	673.90	769.50	1.93	3.40	2069	3969	17.70	40.00
СО	142.40	118.60	3.22	4.30	1793	1152	40.00	33.50

Аз рӯи натиҷаҳои таҳлили сифати ПП-и ашёи хоми растанӣ вобаста ба усули истеҳсол, маълум шуд, ки барои ҳама намудҳои ашёи хоми истифодашуда баромади умумии фраксияҳои маҳсулоти таҷзиягардида бо флеш-усул нисбат ба УА ба таври назаррас зиёд мебошад. Бо флеш-усул қиматҳои адабии баромадҳои МП ва ОС ба истиснои фраксияи ОС аз ревоҷи сангӣ ва СО, ки барои онҳо баромади баландтарини ин фраксия бо УА мушоҳида мешавад, ба таври назаррас афзоиш меёбанд. Дар баробари ин, амалан баромади умумии фраксияҳои маҳсулоти таҷзиягардидаи ПП барои Рв ва

СО бо ин усулҳои гидролиз-экстраксия бетагйир мемонад. Инчунин, муайян карда шуд, ки истифодаи флеш-усул ММ-и намунаҳои МП-ро дар муқоиса бо УА каме зиёд мекунад ва ба қимати ДЭ амалан таъсири назаррас намерасонад.

Маълумоти дар чадвали 2 овардашуда хусусиятҳои раванди гидролиз-экстраксияи протопектини ашёи хоми гуногуни растаниро возеҳ нишон медиҳанд, яъне МП, ки бо флеш-усул аз СГС, Зр, МК ва СО гирифта шудаанд, қобилияти устувории худро ба ҳарорати баланд нишон дода, инчунин дар муқоиса бо намунаҳои бо УА гирифташуда ММ-и калон доранд. Мувофиқи қимати баромади макромолекулаҳои агрегатсияшуда дар баъзе намунаҳои МП ҳолати ғайримуқаррарӣ ошкор карда мешаванд. Чунон ки мушоҳида мешавад, ҳар чӣ қадар бузургии M_z пектин баланд бошад, ҳамон қадар эҳтимолияти агрегатсияҳои молекулаҳои он ба истиснои пектини ПЛ зиёд мебошанд. Ин далел, эҳтимолан хусусияти сохтори молекулавии пектинро нишон медиҳад.

Истифодаи усули мазкур ба афзоиши назарраси баромади ПП мусоидат карда, ба сифати онҳо, ММ ва тақсимои молекулавию ҳиссаи масавӣ (ТМХМ) таъсири мусбат мерасонад. Илова бар ин, ҳангоми истифодаи флеш-усул таъсири дарозмуддати ҳарорати баланд ва муҳити агресивӣ истисно мегардад, ки он ба кам гардидани хароҷоти энергия ва гаронарзиши равандҳо мусоидат мекунад. Хусусияти муҳими усули таҳияшуда дар он аст, ки пектинҳои дар раванди гидролиз-экстраксия дар автоклав ба даст овардашуда қиматҳои баланди ММ, КГ ва ДЭ-и оптималро мансуб мебошанд. Ба ғайр аз ин, онҳо қимати маҳдуди ТМХМ (қиматҳои пасти полидисперсионӣ) ва фраксияҳои камтар агрегатсияшуда (МГ) - ро доранд.

Ҳамин тариқ, усули истихроҷи босуръати пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки пектин аз манбаъҳои гуногун бо нишондиҳандаҳои муносиби таркибӣ (ММ, ГК ва СЭ) гирифта шавад, ки доираи татбиқи онро дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ ва биотехнологияи васеъ мекунад.

Усули динамикии ҳосил кардани пектинҳо. Таҷзияи СО дар реҷаи динамикӣ бо истифода аз технологияи нав анҷом дода шуд: СО майдашуда барои пурзӯр кардани равандҳои диффузияи полисахаридҳо мавриди коркарди пешакӣ қарор мегиранд, ки ин чудошавии фракциониро аз рӯйи дараҷаи алоқаманшавиашон бо ДХ имкон медиҳад. Гидролиз-экстраксияи минбаъдаи ПП дар раванди муттасил, дар муҳити қимати доимии рН ва ҳарорати 85°C ба амал меояд. Барои муқоиса кардани самаранокии раванди пешниҳодшуда гидролиз-экстракцияи полисахаридҳои ДХ низ дар реҷаи статистикӣ гузаронида шуд.

Дар чадвали 3 қиматҳои баромади фраксияҳои МГ, пектин, ОС ва боқимондаҳои полисахаридҳои ҳуҷайравӣ оварда шудаанд.

Барои полисахаридҳои ҳалшаванда – пектин ва ОС дар шароити усули динамикӣ ҳангоми рН 1.05 ва 1.2 будан баромади фраксияҳо якуним баробар ва ҳангоми рН 1.60 будан баромади онҳо қариб ду баробар аз нишондод дар шароити статика зиёд мебошад. Ин дар бораи самаранокии истифодаи таҷзияи пектин дар шароити динамикӣ ҳангоми қиматҳои пасти рН маҳлул шаҳодат медиҳад.

Маълумоти дар чадвали 3 овардашуда нишон медиҳанд, ки истифодаи усули динамикӣ ба қиматҳои ададии баромади ҳамаи фраксияҳои полисахаридҳо, ки дар якҷоягӣ бо пектинҳо чудо карда шудаанд, таъсири мусбат мерасонад.

Ҳамин тариқ, натиҷаҳои бадастомада аз бартарихи истифодабарии усули динамикии гидролиз-экстраксия нисбат ба УА гувоҳӣ медиҳанд.

Ҷадвали 3 - Баромади фраксияҳои полисахаридҳои (бо %) СО баъд аз таҷзия дар речаҳои гидролизи статикӣ ва динамикӣ

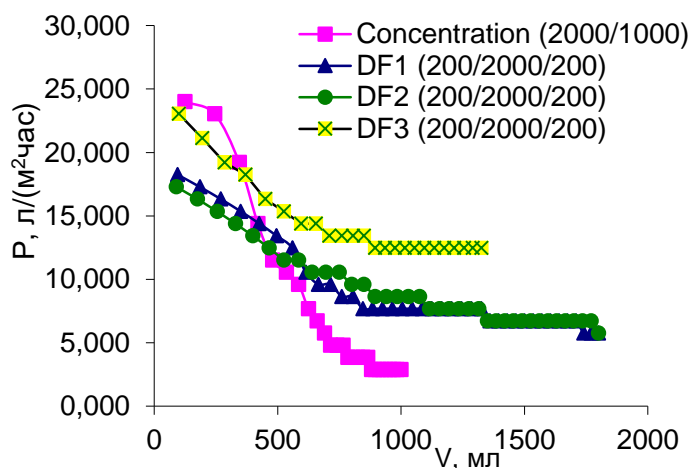
рН	МГ		ПЕКТИН		ОС		Бақияи ДҶ	
	стат.	динам.	стат.	динам.	стат.	динам.	стат.	динам.
1.05	5.10	15.50	11.10	16.20	15.60	24.80	68.20	43.20
1.20	4.30	15.40	10.20	15.60	15.40	24.00	69.70	45.00
1.60	2.80	14.90	7.40	14.20	13.50	24.20	76.30	46.40
2.00	1.20	14.60	5.80	12.30	12.80	23.50	80.20	49.60
3.50	0.80	3.90	4.60	9.50	10.00	22.20	85.60	64.00
5.60	0.40	0.00	3.00	6.00	9.60	21.00	87.00	72.00
3.5 (ГМФН)	1.08		8.85		19.09		74.00	

Идоракунии раванд на танҳо дар қиматҳои пасти рН, инчунин дар ҳолати камтуршӣ (рН 1.6-2.0) имкон медиҳад, ки ПП бо параметрҳои сохторӣ ва баромади муносиб ба даст оварда шавад, ки ин ба камшавии назарраси хароҷот барои истеҳсоли пектин оварда мерасонад. Муқаррар карда шудааст, ки истифодаи усули таҷзияи динамикӣ дар экстрактори сутунмонанд нисбат ба УА як қатор бартариҳо дорад, зеро он назорат кардани раванди таҷзияро бо роҳи пешгирӣ намудан аз таъсири кислотаҳо ва ҳарорати баланд ба таркиб ва структураҳои молекулаҳои пектин, ки аз маҳлули гидролизати ашёи хоми растанӣ ба даст омадаанд, имкон медиҳад.

Технологияи мембранавии тоза кардан ва ғилзаткунонии гидролизати пектин. Тавре ки қаблан зикр гардид, дар истеҳсоли пектин равандҳои ғилзаткунонӣ ва тозакунии экстрактҳои пектин нисбатан мураккаб ва гаронбаҳо ба ҳисоб мераванд. Аз ин рӯ, вазифаи дигари таҳия намудани усулҳои тозакунонӣ ва ғилзаткунонии маҳлулҳои пектинӣ бо истифода аз технологияҳои каммасрафи энергия бе вайрон кардани сохтор ва хосиятҳои молекулаҳои пектин ба миён меояд.

Дар диссертатсияи мазкур ҳамбастагии равандҳои диализи гидролизати пектинӣ ва УФ-тозакунӣ ва ғилзаткунонӣ имконият дод, ки афзоиши назарраси суръати ҷолоиш ва пастшавии суръати таҳшиншавӣ ба даст оварда шавад.

Истифодаи селай тангенсалии ҳангоми ДУП гидролизати пектин. Самт ва хусусияти селай маҳлул ҳангоми ҷолоиш як қатор фарқиятҳо доранд. Ҳангоми УП муқаррарӣ селай моеъ ба сатҳи полор перпендикуляр равона карда шудааст ва дар ҷолоиши тангенсалии бошад он ба таври коллинеарӣ ҳаракат мекунад. ДУП дар селай тангенсалии (ТДУП) имконият медиҳад, ки раванди ҷолоиш муттасил бидуни маҳкамшавии сӯрохиҳои мембрана



бо нигоҳ доштани устувории раванди истеҳсолот сураат бигирад. Тағйирёбии қобилияти кори УФ-мембранаи ВПУ-100 ҳангоми раванди ТДУП дар расми 1 нишон дода шудааст.

Расми 1. – Маҳсулнокии кори мембранаи ВПУ-100 аз рӯи маҳлули пектин ҳангоми ТДУП яккарата (DF1), дукарата (DF2) ва секарата (DF3)

Чунон ки дида мешавад, маҳсулнокии мембрана дар аввали раванд 24.30 л/м²соат ташкил дода, дар охири раванд қариб ду

баробар кам мешавад. Дар давраи дуоми ТДУП маҳсулнокии мембрана то 76-85 % барқарор мегардад. Ба қобилияти кории мембрана ҳам ғилзатнокии маҳлули пектин ва ҳам дараҷаи таназзули он, M_w , ки ба речаҳои раванди таҷзия вобаста мебошад, таъсир мерасонад (ҷадвали 4).

Тибқи маълумот дар бораи нишондиҳандаҳои асосӣ ва молекулавии раванди ТДУП маҳлулҳои пектини дар речаҳои гуногуни раванди таҷзия ба даст овардашуда, вобастагии маҳсулнокии мембрана аз ғилзатнокӣ ва M_w муқаррар карда нашуд.

Ҷадвали 4 - Параметрҳои молекулавии пектинҳои таҳқиқшуда

Пектин	M_w , кДа	M_w/M_n	M_z , кДа	R_h , нм
ПСФ-100-7*	165.0	6.9	771	13.6
ПСФ -120-7*	105.0	9.8	893	9.0
ПСФ-130-5*	99.0	9.0	773	9.0
СО-120-7-ВПУ*	58.0	2.6	171	6.3
СО-120-7-ПС*	61.2	3.1	279	6.5

* Ададҳо пас аз ихтисорот – ҳарорат ва давомнокии вақт; ихтисорот пас аз рақамҳо – навъи мембрана (ВПУ, ПС); ПСФ – Пектини себи Файзобод; СО – сабади офтобпараст.

Масалан, ҳангоми муқоисаи қиматҳои M_w пектинҳои себии ЯПФ-100-7 ва ЯПФ-120-7, шарҳ додани чунин фарқияти назаррас дар ҳосилнокии мембранаи ВПУ-100 душвор аст. Ҳарчанд, муқоисаи қиматҳои M_z ва R_h ин пектинҳо гирифтани маълумотро дар бораи дараҷаи агрегатсияи полисахаридҳо имкон медиҳад. Дарвоқеъ, сарфи назар аз ММ паст пектини ЯПФ-120-7 нисбат ба пектини ЯПФ-100-7 қимати M_z баландтар ва қимати R_h паст дорад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки пектини мазкур ба агрегатсия майл дошта, ба таври назаррас маҳсулнокии мембранаро коҳиш медиҳад.

Арзёбии қиёсии сохтор ва сифати пектин, ки тариқи УА ва ТДУП тоза карда шудааст. Барои арзёбии муқоисавии сохтор ва сифати пектини тариқи УА ва ТДУП тозашуда, ҳафт таҷриба бо помахҳои себӣ ва чор таҷриба бо сабадҳои офтобпараст дар речаҳои гуногун таҷзия гузаронида шуд, ки баъд аз он маҳлулҳои гидролизат дар дастгоҳи таҷрибавии ТДУП бо истифода аз ду навъи мембранаҳои нимнаха тоза карда шуданд.

Дар ҷадвали 5 баромади фраксияи ПП, миқдори КГ, ДЭ ва миқдори моддаҳои балластӣ (МБ) дар маҳсулоти ниҳой вобаста ба речаҳои раванди гидролиз-экстраксия ва усулҳои тозакунии ва ғилзаткунонии бо назардошти даври диализ оварда шудаанд. Баромади нисбатан зиёди пектин ва миқдори ками КГ бо усули спиртӣ нишон медиҳад, ки маҳсулоти ниҳой дараҷаи пасти тозакуниро дорад.

Ҷадвали 5 – Баромади фраксияҳои ПП, миқдори КГ, ДЭ ва МБ дар намунаҳо

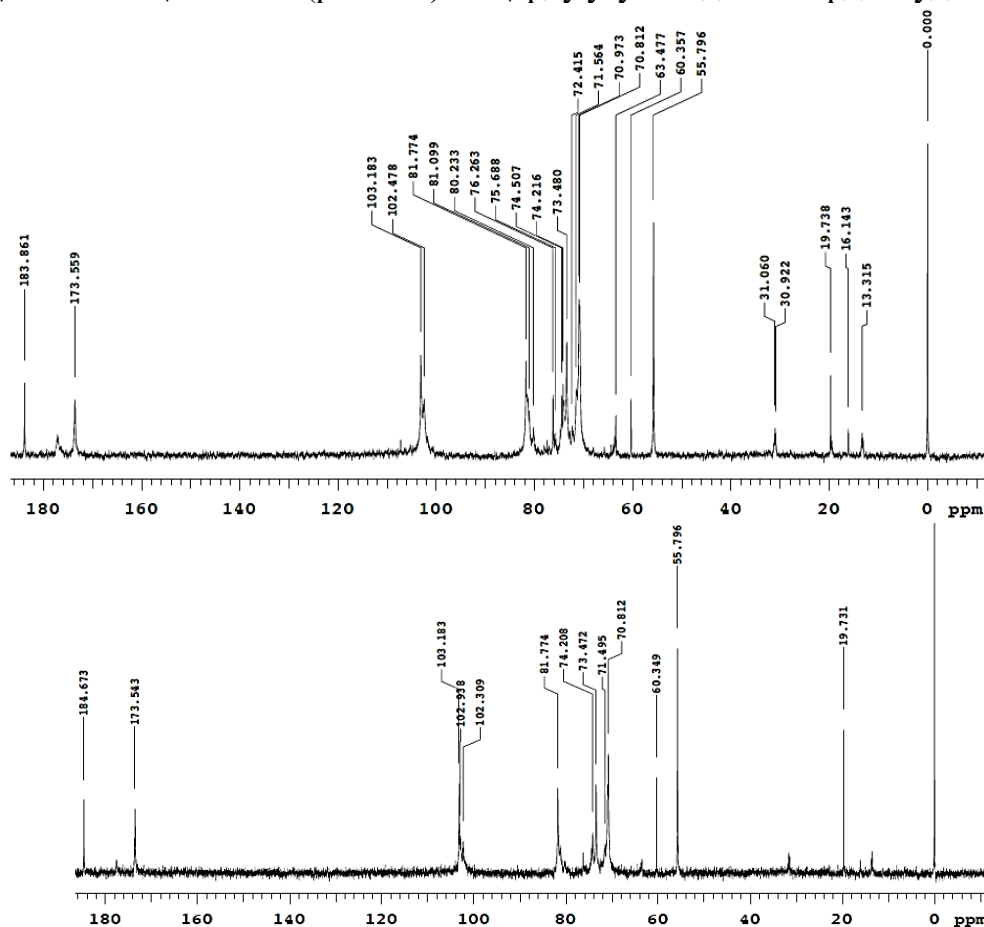
Намунаҳои пектин	Баромади фраксияҳо, %			КГ, %	ДЭ, %	МБ, %
	МГ	МП	ОС			
1	2	3	4	5	6	7
ПСФ-100-7-ТС*	2.26	22.37	31.87	50.4	68.60	12.00
ПСФ-100-7-ВПУ-1д*	2.26	18.69	44.55	64.8	81.40	5.80
ПСФ-100-7-ВПУ-2д*	2.26	14.23	47.01	67.2	82.56	3.20
ПСФ-120-7-ТС*	1.52	25.63	31.69	52.8	68.60	11.20
ПСФ-120-7-ВПУ*-1д	1.52	14.33	49.99	69.6	76.47	3.80
ПСФ-130-5-ТС*	1.15	26.83	31.82	57.6	69.77	10.80

1	2	3	4	5	6	7
ПСФ-130-5-ПС-1д*	1.15	14.43	51.22	68.4	78.16	5.60
ПСФ-130-5-ПС-2д*	1.15	12.80	51.85	73.2	76.74	2.80
СО-120-7-ТС*	6.40	28.62	9.98	64.4	22.73	29.23
СО-120-7-ВПУ-1д*	6.12	10.32	28.36	81.6	26.19	5.40
СО-120-7-ПС-1д*	6.40	10.22	28.75	85.2	25.88	4.62

*Ададҳо пас аз ихтисорот – ҳарорат ва давомнокии вақт; ихтисорот пас аз рақамҳо – навъи мембрана, 1д – давраи якуми диализ, 2д – давраи дуҷуми диализ; ТС – таҳшоншавии спиртӣ.

Бояд қайд кард, ки миқдори КГ дар пектини себи ПСФ-130-5 дар мавриди ТДУП яккарата аз 57,6 то 68,4% меафзояд ва ҳангоми ТДУП дукарата ба 73,2% мерасад. Ҳосил кардани пектини офтобпараст бо ТДУП бо истифода аз мембранаҳои ВПУ ва ПС имкон дод, ки миқдори КГ мутаносибан аз 64,4 то 81,6% ва 85,2% зиёд карда шавад. Дар баробари ин, чунон ки дар боло зикр гардид, дар намунаҳои таҳқиқгардида миқдори зиёди МБ боиси ба таври назаррас паст шудани ҳосили пектин мегардад. Дар ин маврид, таркиби МБ аз зиёд будани полисахаридҳои нейтралӣ ва дигар ҷузъҳои пастмолекулавии дар ДҲ ашё, ки дар раванди гидролиз-экстраксия якҷоя бо пектин истихроҷ карда мешаванд, вобастагӣ дорад.

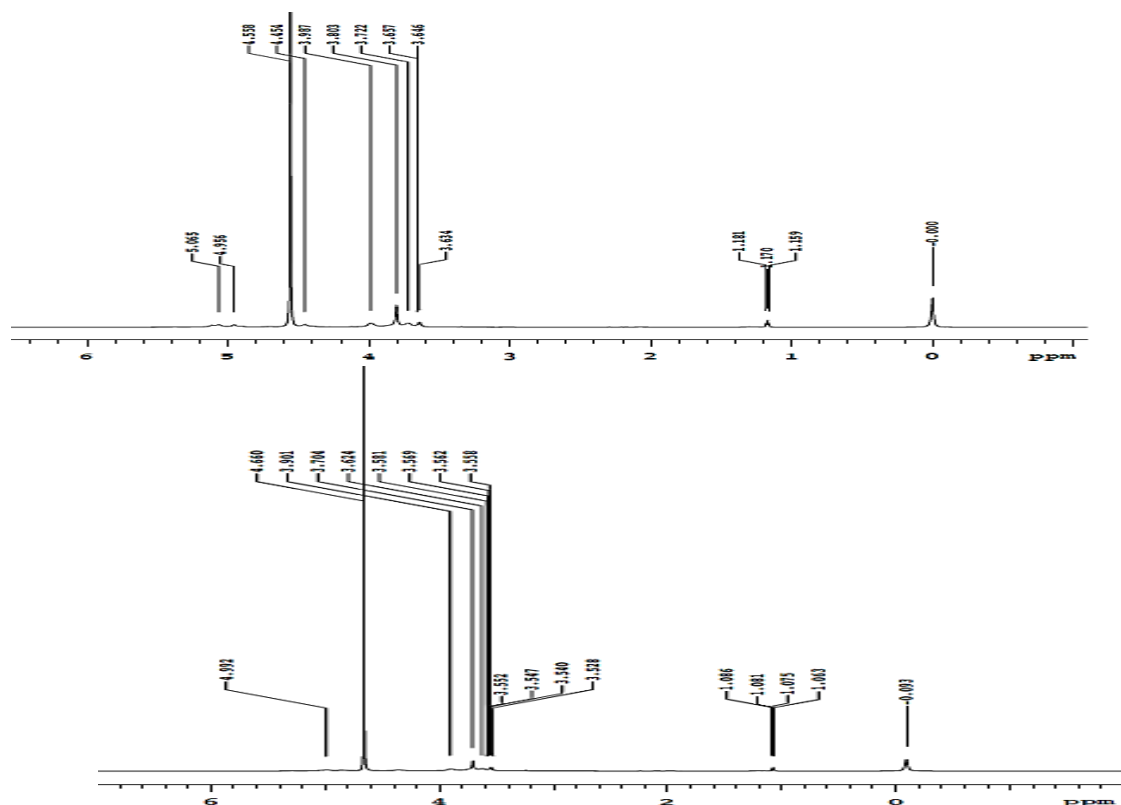
Баҳодихии сифати пектин ва тағйирёбии сохтори он ҳангоми тозакунии тариқи спектрҳои ЯМР. Барои таҳлили муфассали таъсири ТС ва ТДУП ба сохтор ва сифати пектин, усули спектроскопияи 1D ва 2D ЯМР истифода шудааст. Спектри ЯМР ¹³C-и намунаҳои пектинҳои себии (расми 2) бо ҳарду усул ба даст оварда шудаанд.



Расми 2. – Спектрҳои ЯМР ¹³C намунаҳои пектинҳои себ, ки бо усулҳои ТС (қисми болои расм) ва ТДУП (қисми поёни расм) тоза карда шудаанд

Ин спектрҳо сигналҳои марбут ба пасмондаҳои гликозилро нишон медиҳад, ки сутуни асосии макромолекулаи пектинро, яъне, қисмҳои гомогалактуронан (HG) ва рамногалактуронан (RG)-ро ифода мекунанд.

Муқоисаи спектрҳои ЯМР ^{13}C (расми 3) равшан нишон медиҳад, ки шумораи резонанси занҷираҳои пектинӣ дар намунаҳое, ки бо усулҳои ТС ва ТДУП тоза карда шудаанд, хеле фарқ мекунанд. Дувоздаҳ резонанси карбонӣ барои С-2,3,5 ($\delta \sim 70\text{-}81$ м.д) дар боқимондаҳои қандии занҷири асосии пектинҳои бо спирт тозакардашуда мушоҳида мешаванд, дар ҳоле ки дар ҳамон минтақаи спектр, дар пектини тавассути усули ТДУП тозакардашуда, ҳамагӣ 5 сигнал дида мешавад. Мушоҳидаи мувофиқро бо роҳи муқоисаи спектрҳои ЯМР-и протонҳо метавон анҷом дод (расми 3).



Расми 3. – Спектрҳои ЯМР ^1H аз намунаҳои пектини себ, ки бо усулҳои ТС (қисми болои расм) ва ТДУП (қисми поёни расм) тоза карда шудаанд

Дар спектрҳои ЯМР ^{13}C ду сигналҳои шадид бо 173,5 ҳ.м. ва 184,7 ҳ.м. мушоҳида мешаванд, ки онҳоро метавон ба С-6 гурӯҳи карбоксиалии бандҳои КГ ба шаклҳои этерификатсия ва ионизатсия шуда мансуб кард. Ҳангоми ҳамчояшавии ин резонансҳо 63% гурӯҳҳои карбонилӣ эҳтимолан дар шакли эфирҳои мураккаб қарор доранд, дар ҳоле ки 37%-и боқимонда, гурӯҳҳои карбоксилии озоди пектинӣ мебошанд. Дар қисмати 3,56-3,52 ҳ.м. спектри ЯМР ^1H намунаи ПСФ-120-7-ТС, қуллаҳои зиёде бо хати паҳноӣ кам мушоҳида мешаванд. Ин аз сохтор ва банди тунук, ки одатан аз спектри молекулаҳои хурд ва ё қисми хеле мутаҳарриқи молекулаи нисбатан калон шаҳодат медиҳад. Дар спектрҳои коррелятсияи дученакаи HSQC тасвири равшантар мушоҳида мешавад, ки дар он дигар сигналҳои хурд низ намоёнанд.

Ҳамин тариқ, илова бар хусусиятҳои асосии пектин (таркиби КГ ва ДЭ), истифодаи комбинатсияи спектроскопияи 1D ва 2D ЯМР фарқияти байни усулҳои таҳқиқшудаи тозакунии пектинро ба таври боварибахш намоиш медиҳад. Муқоисаи

ду маҷмӯи спектрҳо (^1H ЯМР ва ^{13}C ЯМР) афзалияти раванди ТДУП-ро дар истеҳсолот нишон медиҳад, чун аз маҳлулҳои пектинҳо бештар омехтаҳои озод (моносахаридҳо ва дигар балластҳои пастмолекулавӣ) хориҷ мешаванд, ки онҳо ба сифати пектин таъсири манфӣ мерасонанд. Илова бар ин, татбиқи ин раванд истеҳсоли пектинро ба технологияи аз лиҳози экологӣ тозатар табдил медиҳад.

Таҳлили муқоисавии ММ ва ТМХМ намунаҳои пектин. ММ ва ТМХМ тавассути хроматографияи моеъгии эксклюзивӣ (ЭЖХ) ва усули МУЛС таҳлил карда шуданд. Қиммати вазни миёнаи массаи молекулавӣ (M_w), массаи молекулавии миёнарақамӣ (M_n) ва z -массаи молекулавии миёна (M_z) барои пектин бо истифода аз қолибкунии универсалӣ ба даст оварда шуданд. Дар ҷадвали 6 натиҷаҳои таҳлили муқоисавии полидисперсионӣ (M_w/M_n , M_z/M_n), қиммати массаҳои молекулавӣ (M_w , M_n , M_z) ва параметрҳои гидродинамикӣ (часпакии хос $[\eta]$, радиуси гидродинамикӣ (R_h)) ва параметри муайянкунандаи конформатсияи занҷири макромолекулаи (b) намунаҳои пектини себӣ, ки бо усули МУЛС ҳосил карда шудаанд, оварда шудааст.

Ҷадвали 6 - Қиматҳои полидисперсионӣ, массаҳои молекулавӣ, параметрҳои гидродинамикӣ ва параметри муайянкунандаи конформатсияи занҷири макромолекулаи пектини себӣ, ки бо усули МУЛС ҳосил карда шудааст

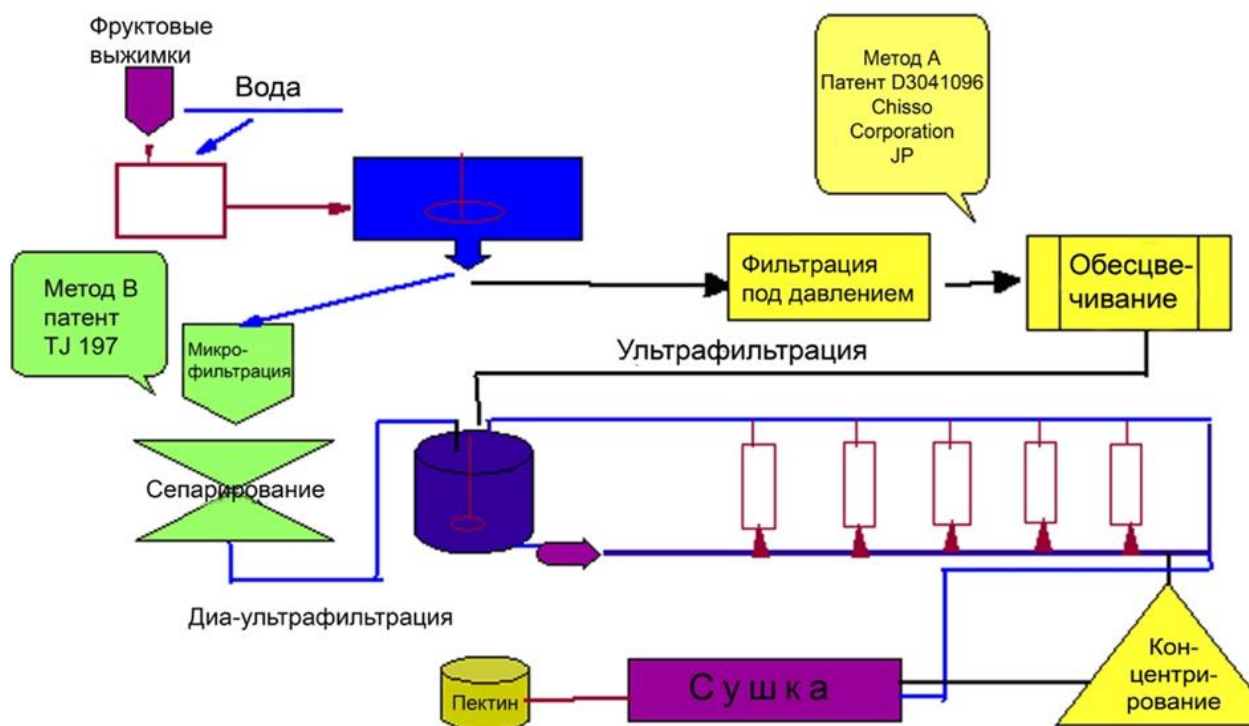
Намунаҳои пектин	Баромад, %	M_w/M_n	M_w , кДа	$[\eta]$, мл/мг	R_h , нм	b
ПСФ-120-7-ТС	78.4(.1)	3.03(.03)	483(3)	2.30(.01)	34.9(1)	0.557(.02)
ПСФ-120-ТДУП	76.8(.3)	3.10(.05)	492(7)	1.98(.01)	32.9(.8)	0.573(.01)

Маълумоте, ки ҳамчун қуллаи ягона барои хроматограммаҳои умумӣ таҳлил карда шудаанд: барои пектине, ки бо тарзи таҳшоншавии спиртӣ тоза карда шудааст (ПСФ-120-7-ТС) ва пектини бо усули ТДУП тозашуда (ПСФ-120-7-ТДУП) мутаносибан M_w 483 ва 492 кДа, қиммати $[\eta]$ 230 ва 198 мл/мг ва R_h 49,5 ва 32,9 нм доранд. Додашудаҳои усули МУЛС нишон медиҳанд, ки истифодаи усули ТДУП ММ пектинро зиёд мекунад, нишондоди полидисперсионии намунаро коҳиш медиҳад ва тозагии маҳсулоти ниҳоиро меафзояд.

Воқеан, аз таҳлили додашудаҳои миқдори КГ, 1D ва 2D ЯМР-спектроскопия ва андозаҳои молекулавии намунаҳои пектини бо УА ва усули ТДУП тоза карда шуда мушоҳида кардан мумкин аст, ки истифодабарии усули ДУП истихроҷи бомуваффақонаи фраксияҳои пастмолекулавиро имкон медиҳад. Ҳамчунин, ин усул метавонад ба камшавии нишондоди полидисперсионии намунаҳо, баланд гардидани тозагии маҳсулоти ниҳой ва зиёд шудани ММ, ки афзалияти ин усулро шаҳодат медиҳанд, оварда расонад.

Ҳисоби самаранокии иқтисодии истеҳсоли пектин бо усулҳои анъанавӣ ва инноватсионӣ. Самаранокии иқтисодии муқоисавии истеҳсоли пектин бо истифода аз технологияҳои мавҷуда ва пешниҳодшудаи нав бо истифода аз усули ТДУП ҳисоб карда шудааст. Хатти технологияи истеҳсоли пектин бо истифода аз усули ТДУП (расми 4) дар коргоҳи таҷрибавии истеҳсоли пектини ЧММ “ПАПО Шаҳринав”-и Ҷумҳурии Тоҷикистон дар зиёда аз 20 дафъаи таҷрибавӣ санҷида шуд.

Дар муқоиса бо усулҳои маъмулии тоза кардани маҳлулҳои пектиндор, усули пешниҳодшуда имкон медиҳад, ки гидролизат аз полисахаридҳои нейтралӣ ва дигар моддаҳои каммолекулавӣ дар як вақт бо беҳтаргардонии сифати пектин ва баланд бардоштани маҳсулнокии таҷҳизоти ДУП, пурра тоза карда шавад.



Расми 4. – Хатги технологии истеҳсоли пектин бо истифода аз усулҳои гуногуни тозакунии ва ғилзаткунонии

Илова бар ин, истифодаи ТДУП барои тоза ва ғилзаткунонии гидролизатҳои пектинӣ зарурияти ғилзаткунонии иловагии гидролизати пектиниҳо дар таҷҳизоти бухоркунандаи вакуумӣ аз байн мебарад.

Хусусиятҳои қиёсии раванд (маҳсулнокии мембрана) ва сифати маҳсулоти (тозагии пектин ва қобилияти гелҳосилкунии он) бо усулҳои пешниҳодшуда ва маъмул истеҳсолгардида дар ҷадвали 7 оварда шудаанд.

Ҷадвали 7 - Хусусиятҳои асосии қиёсии усулҳои пешниҳодшуда ва маъмул

№ намуна	Усули пешниҳодшаванда			Усули маъмул		
	Маҳсулнокии дастгоҳ, P_{cp} , л/м ² ч	Тозагии пектин, %	Дараҷаи гелшавандагӣ, °SAG	Маҳсулнокии дастгоҳ, P_{cp} , л/м ² ч	Тозагии пектин, %	Дараҷаи гелшавандагӣ, °SAG
1	24,5	58,0	145	17,5	51,0	120
2	37,0	76,0	210	22,0	68,0	190
3	40,0	57,0	130	-	-	-

Дар ҷадвали 8 таҳлили муқоисавии сарфи ашёи хом, энергия ва давомнокии даври истеҳсолӣ барои 1 кг пектин аз рӯи технологияҳои гуногун (Технологияи А – технологияи анъанавӣ, Технологияи В – технологияи инноватсионӣ) оварда шудаанд.

Ба ғайр аз баланд бардоштани самаранокии истеҳсолот аз ҳисоби кам кардани давомнокии даври истеҳсолӣ, раванди баррасишавандаи истеҳсоли пектиниҳо дар речаҳои нарм ба амал бароварда шуда, аз лиҳози экологӣ тоза ва захирасарфакунанда ба ҳисоб меравад. Илова бар ин, арзиши умумии хароҷот ва кам гардидани даври истеҳсолӣ ба паст шудани арзиши аслии маҳсулоти тайёр мусоидат мекунад.

Ҷадвали 8 - Таҳлили муқоисавии сарфи ашёи хом, энергия ва давомнокии даври истеҳсоли пектин бо технологияҳои гуногун

Номгӯй	Технологияи А		Технологияи Б	
	Меъёри хароҷот	US \$ ба 1 кг	Меъёри хароҷот	US \$ ба 1 кг
Даври истеҳсоли, соат	12 соат		8 соат	
Хароҷот барои қувваи барқ, кВт/кг	4.8-5.2	3.48	3.5	0.94
Хароҷоти об, м ³ /кг	0.7	0.28	0.9	0.36
Хароҷоти буғ, Гкал/кг	3.40	0.85	1.75	0.45
Хароҷоти ашё:				
Помаҳо, кг/кг	10	1.0	10	1.0
Аммиак /содаи каустикӣ, кг/кг	0.120	0.1	0.10	0.1
Кислотаи азотӣ, кг/кг	0.30	1.2	0.15	0.6
УФ-мембрана, м ² /кг			0.05	5.0
Формалин, л/кг			0.001	0.2
Ихроҷшавӣ м ³ /ба кг маҳсулоти тайёр	0.55	0.25	0.75	0.4
Хароҷоти спирт, л/кг	190.0	7.0	0	
Адсорбент барои обтозакунии, кг/кг	0.5	0.5	1.0	1.0
Арзиши умумии хароҷот, US \$	14.66		10.5	

Ҳамин тариқ, истеҳсоли пектини ватанӣ аз рӯи технологияҳои пешниҳодшудаи захирасарфакунанда ва самаранокии даври истеҳсолот, инчунин бо арзиши аслии нисбатан кам нисбат ба рақибони мамлакатҳои хориҷӣ, ки ба кишвари мо пектин ворид мекунанд, афзалиятҳои назаррас дорад.

2. Амсиласозии равандҳои таҳнолӣ дар истеҳсоли пектин

Бо истифода аз усулҳои таҳлили регрессионии дуомила ва дисперсионӣ амсилаҳои математикии мувофиқ ба даст оварда шуданд, ки дар асоси онҳо бо ёрии барномаи DataFit муодилаи регрессионии хаттии муқарраркунандаи вобастагии байни параметрҳои раванди гидролиз-экстраксия (ҳарорат, давомнокӣ ва фишор) ва баромади пектини тоза ҳосил карда шуд:

$$Y = 55.28 + 0.24X_1 + 1.32X_2 + 0.73 X_3,$$

дар ии ҷо X_1 – ҳарорати раванд, °C; X_2 – давомнокии раванд, мин.; X_3 – фишори раванди гидролиз-экстраксия; Коэффисиентҳои регрессионӣ: $b_0 = 8.052$, $b_1 = 48.156$, $b_2 = 1.095$, $b_3 = - 0.137$, $b_4 = 0.005$. Коэффисиенти детерминатсионӣ – 98.65 %, хатогии нисбӣ – 4.91%.

Дар натиҷа, дар асоси амсилаи математикии тартибдодашудаи таҳлили регрессионӣ ва дисперсионӣ параметрҳои муносиби технологияи раванди гидролиз-экстраксия (ҳарорат ва давомнокӣ) барои навъҳои алоҳидаи ашёи хоми растанӣ муқаррар карда шуданд.

Амсиласозии раванди УФ-ғилзаткунонӣ ва тозакунии ПП бо назардошти бо мурури вақт паст гардидани маҳсулнокии мембрана аз ҳисоби афзоиши миқдори таҳшонҳои бандкунандаи сӯрохиҳо, ки дар раванди ҷолоиш ҷамъ мешаванд, гузаронида шуд. Амсилаи математикии раванди тағйирёбии маҳсулнокии мембрана ҳам аз ҳисоби ташаккул ёфтани қабати сар то сарии гелӣ ва ҳам аз ҳисоби бандшавии

сӯрохиҳои алоҳида пешниҳод гардидааст. Нишон дода шудааст, ки ҳалли якҷояи системаҳои муодилаҳои дифференсиалӣ, ки дар шакли номиналии Коши ифода ёфтаанд ва ин раванди технологиро шарҳ медиҳанд, равшан нишон медиҳанд, ки самаранокии системаи поилош, яъне, маҳсулнокии дастгоҳи поилош бо зиёд шудани басомади тозакунии баланд гардиданаш мумкин аст.

Дар асоси амсиласозӣ ва беҳингардони параметрҳои физикӣ-кимиёвӣ равандҳои алоҳидаи истеҳсоли ПП ва нақшаи принципалии идоракунии автоматии равандҳои таҳияшуда, барномаи имконпазири ба роҳ мондани истеҳсолоти саноатии пектин пешниҳод карда шуд.

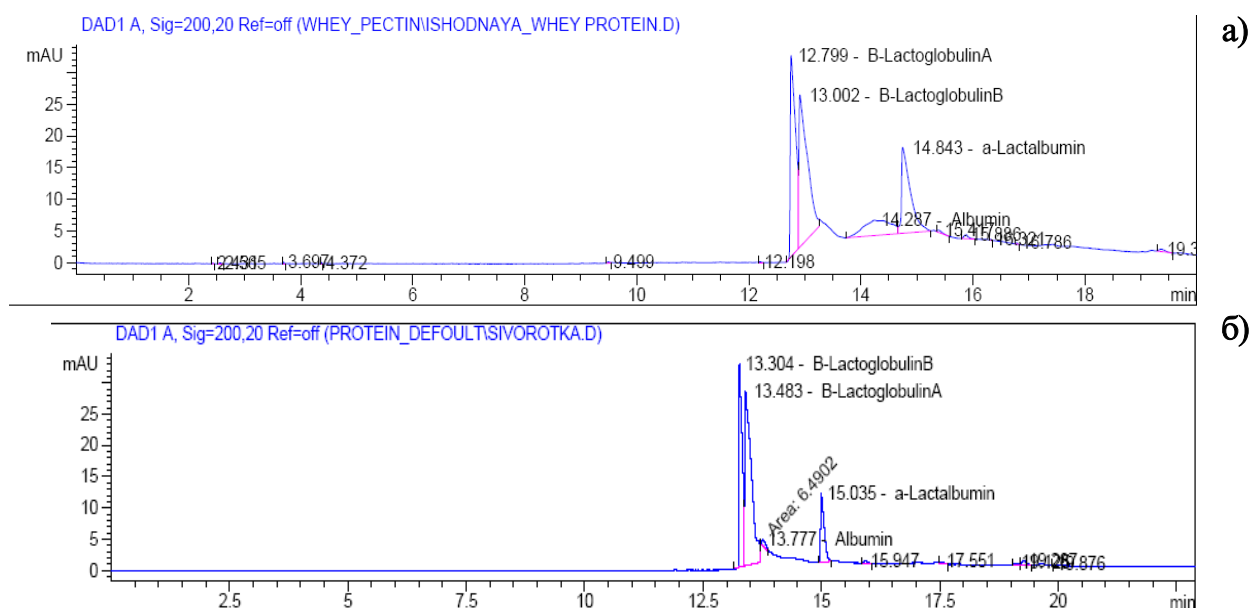
Ҳамин тариқ, татбиқи барномаи идоракунии автоматии пешниҳодшуда имконият медиҳад, ки на танҳо параметрҳои равандҳои технологӣ дар ҳамаи марҳалаҳои истеҳсоли ПП беҳинсозӣ карда шаванд, назорати пурраи раванди истеҳсолот таъмин карда шавад, балки пектинҳои босифат ва бо арзиши аслии кам низ, ба даст оварда шаванд.

3. Чудокунӣ ва ғилзаткунонии сафедаҳо ва муайянкунии онҳо

Дар ин бахш коркарди усули озмоишгоҳии селективии (УОС) чудо кардани LgC аз ЗШ бо истифода аз омезиши усулҳои центрифугакунонӣ ва УП, инчунин натиҷаҳои таҳқиқ оид ба чудо кардан ва таркиби молекулавии зеин аз орди ҷуворимакка оварда шудаанд.

Чудокунӣ сафедаҳои зардоби шир. УОС-и чудо кардани LgC аз ЗШ дар фабрикаи шири "Саодат"-и шаҳри Душанбе дар асоси УП ЗШ аз ғилзати зардоби творог таҳия шудааст. Бо истифода аз ин усул казеин ва албуминҳои ЗШ-ро аз лактоглобулинҳо чудо кардан мумкин аст. Марҳалаҳо: туршкунӣ зардоби шир pH 4.0, центрифугакунонӣ, УП зардоби гарм дар мембранаҳои PS/50 (Spectrum Lab., ИМА) ва ё УПМ-П ва УАМ-175 (Владипор, Россия).

Электрофореграммаҳои стандартии LgC ширкати Sigma ва сафедаҳои зардоби шир, ки бо истифода аз ин усул чудо карда шудаанд, дар расми 5 (а ва б) оварда шудаанд.



Расми 5. – Электрофореграммаҳои сафедаҳои стандартии Sigma (а) ва сафедаҳои зардоби шир (б). Воридкунии намунаи гидродинамикӣ 50 дар мбар дар фосилаи 2 сония, шиддат – 26.5 кВ, ҳарорат – 22.0 °С, детектронӣ ҳангоми 200 нм.

Барои назорат кардани таркиби LgC, мо усулҳои фотокалориметрӣ (усули Седмак) ва электрофорези шаъри (капилляри)-ро (ЭШ) дар асбоби 3D Agilent HPCE G1600AX истифода бурда шуд. Барои муқоиса кардани баромад ва тозагии маҳсулот, таҳлили муқоисавии усули таҳияшуда бо усули маъмули патенткардашудаи ҷудокунии LgC гузаронида шуд.

Муқоисаи расмҳои пешниҳодшуда монандии усулҳои таҳияшуда ва стандартҳои ба даст овардани LgC-ро тасдиқ мекунад, ки ин аз селективӣ будани усули таҳиякардаи мо шаҳодат медиҳад.

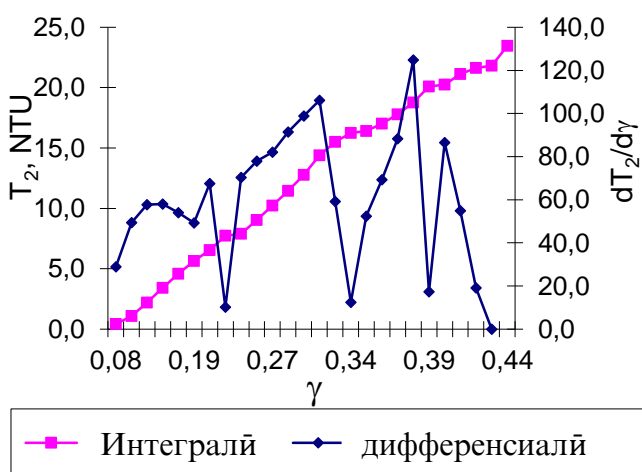
Таркиби миқдории LgC, ки бо усули нав ҳосилкардашуда, дар ҷадвали 9 оварда шудааст.

Ҷадвали 9 – Миқдори сафедаҳои ЗШ, ки дар ЭШ ҳангоми раванди коркард бо УОС муайян карда шудаанд

Сафедаҳои ЗШ	Ғилзатнокии сафеда, мг/мл (усули ЭШ)			Баромад, %
	Пермеати мембрана PS 50 KD	Ретентанти мембрана УАМ 175	ДУП	
β -Lg A	1,85	4,76	20,2	37,35
β -Lg B	1,945	5,61	28,6	52,9
α -La	0,515	1,03	5,24	9,7
Миқдори умумии сафедаҳо	4,315	11,40	54,08	99,95

Ҳамин тариқ, усули ҷудо кардани LgC бо истифодаи омезиши усулҳои центрифугакунонӣ ва УП таҳия карда шуда, параметрҳои муносиби ғилзаткунонии лактоглобулинҳои ЗШ муқаррар карда шудаанд. Нишон дода шудааст, ки дар баромади LgC рН, ҳарорат ва вазни молекулавии ҷузъҳои ЗШ таъсир мерасонанд.

Натиҷаҳои бадастомада ва намунаҳои омӯхташудаи ғилзатҳои сафедаю ширӣ метавонанд дар истеҳсоли ғилзати ЗШ ва маҳсулоти ширӣ ба сифати ҷузъи иловагӣ барои баланд бардоштани арзиши ғизоии маҳсулоти тайёр истифода бурда шаванд. **Таснифоти таркиби молекулавии зеини ҷуворимакка.** Барои муайян кардани полидисперсияи макромолекулаҳои зеин усули титркунонии турбидиметрӣ истифода бурда шуд. Дар асоси маълумоти титркунонии турбидиметрӣ қачхатаҳои дифференсиалӣ ва интегралӣ титркунонии маҳлули зеини ҷуворимакка сохта шуданд (расми 6).



Чи тавре ки дида мешавад, қачхатаи вобастагии маҳлули тираи зеин аз ҳиссаи ҳаҷми таҳшонкунанда (қачхатаи интегралӣ титркунонии турбидиметрӣ) шакли моил дорад, ки он ТМХМ васеи макромолекулаҳои зеинро нишон медиҳад. Қачхатаи титркунонии дифференсиалӣ турби-диметрӣ нишон медиҳад, ки зеин панҷ фраксияи макромолекулавӣ бо ТМХМ-ҳои маҳдуд

Расми 6. – Қачхатаҳои интегралӣ ва дифференсиалӣ титркунонии турбидиметрии зеини ҷуворимакка

дорад. Профил ва тақсимоти ин фраксияҳо маълумоти адабиётинро тасдиқ мекунад, ки ин фраксияҳо мутаносибан бо полипептидҳои α -зеини ММ 24 ва 26 кДа, γ -зеин 22 кДа, β -зеин 17 кДа ва δ -зеин 12 кДа ифода ёфтаанд.

Ҳамин тариқ, дар ин ҳолат, усули титркунонии турбидиметрӣ метавонад чунин усулҳои гаронбаҳои таҳлили сафедаи ТМХМ-ро, аз қабилҳои хроматографияи гелӣ, ултрасентрифугакунӣ ва парокандакунӣ нуриро иваз кунад.

Таҳқиқи мазкури полидисперсии макромолекулаҳои зеин, ки аз орди чуворимаккаи маҳаллӣ ҷудо карда шудааст, барои омӯзиши минбаъда ва муайян кардани механизмҳои гелҳосилкунӣ ва истифодабарии он дар соҳаҳои тиб ва саноати хурукворӣ тавачҷуҳи зиёдро ба миён меорад.

4. Хосиятҳои гелҳосилкунии пектинҳо

Рафтори пектинҳо дар маҳлулҳои ғилзатноккардашуда. Бо усулҳои кондуктометрӣ, потенциометрӣ ва вискозиметрӣ таъсири сохтори пектинҳо, ДЭ ва навъи этерификатсия ба гелҳосилкунӣ бо зиддионҳои поливалентӣ мавриди омӯзиш қарор гирифт. Маълумоте, ки ҳангоми титркунонии кондуктометрии кислотаҳои пектин (КМ-пектинҳои себ ва офтобпараст) бо КОН ва $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ба даст омада, нишон медиҳанд, ки қачхатаҳои ҳосилгардида хоси полиэлектrolитҳо мебошанд. Қиммати қобилияти барқгузаронандагии звенои мономерии полимери (λ_p) кислотаи пектии себӣ нисбат ба пектини офтобпараст зиёдтар аст, ки ин ба ДЭ вобаста аст ва дар ҳамин маврид қиммати (λ_p) бо коҳиш ёфтани ДЭ меафзояд. Нейтрализатсияи ин пектинҳо бо маҳлули КОН боиси тадриҷан зиёд шудани часпакии хоси маҳлул мегардад, дар ҳоле ки ҳангоми истифодаи $\text{Ca}(\text{OH})_2$ коҳиши ин параметр мушоҳида мегардид.

Ҳамин тариқ, фарқияти мушоҳидагардида дар қиматҳои параметрҳои қобилияти барқгузаронандагӣ ва часпакии маҳлулҳои пектинӣ дар вобастагӣ аз табиати зиддионҳо, асосан ба қобилияти барққарор намудани алоқаи мутақобилаи занҷирҳои полимерӣ бо ионҳои поливалентӣ ва ба миён овардани варамкунии полиэлектrolит дар ҳузури зиддионҳои моновалентӣ вобастагӣ доранд.

Додаҳои ба даст омада оид ба омӯзиши хосиятҳои гидродинамикии маҳлулҳои КМ-пектинҳо дар ҳузури намаки фулузҳои поливалентӣ ва гирифтани маълумот оид ба таъсири дохиломолекулавӣ ва байнимолекулавӣ, ки ба пайдоиши гел оварда мерасонанд, нишон медиҳанд, ки дар зери таъсири ионҳои мис ва алюминий тағйироти сохтории дохиломолекулавӣ бо экраникунӣ заряди полимер ва (ё) ташаккули пайвандҳои дохиломолекулавӣ бо иштироки ионҳои металлҳои ба конформатсияи зичи калобаи макромолекулавӣ оваранда, ба амал меоянд. Дар муқоиса бо таъсири хлориди мис ва алюминий пайвастшавии ионҳои калтсий бо КМ-пектин бо тартиби зерин ба амал меояд. Мисли ионҳои мис ва алюминий, дар ғилзати пасти ионҳои калтсий, асосан тағйироти конформатсияи дохиломакрмолекулавӣ гузашта, дар натиҷа метавонад конформатсияи зичи калобаи полимерӣ ба амал ояд. Вақте ки ғилзати ионҳои калтсий ба бузургии муайян мерасад, ташаккули микрогелҳои пектин аз ҳисоби димеризатсияи полимер ва азнавтақсимкунии пайвандҳои дохиломолекулавӣ ба байнимолекулавӣ ба амал меояд. Минбаъд, афзоиши ғилзати CaCl_2 боиси пайдоиши димерҳо ва агрегатҳои полимер мегардад, ки дар натиҷа гидрогели зиёд варамшуда ба вучуд меояд. Бешубҳа, ин раванд бо афзоиши минбаъдаи ғилзати полимер дар маҳлул суръат мегарад.

Дар асоси натиҷаҳои пешниҳодшуда ба хулосае омадан мумкин аст, ки ҳатто дар маҳлули серобгардида низ, ҳангоми алоқаи мутақобилаи полимерҳои пектин бо

ионҳои калтсий як қатор тағйироти конформатсионӣ ба амал меоянд – аз экранунонии муқаррарии заряд то ташаккули агрегатҳое, ки ба сохтори "қуттии тухм" шабоҳат доранд. Чунин ба назар мерасад, ки димеризатсияи занҷирҳо ва агрегатсияи макромолекулаҳо якҷоя рух медиҳанд. Ин аз афзоиши якбораи хосиятҳои гидродинамикии маҳлулҳои серобгардида бо моддаҳои пектинӣ шаҳодат медиҳад.

Ҳамин тариқ, КМ-пектинҳо дар ҳузури ионҳои фулузӣ пайвандҳои гуногуни дохилимолекулавӣ ва байнимолекулавӣ, сохторҳои зич ва шохадорро ташкил медиҳанд, аммо ионҳои калтсий бошанд, бештар дар ташаккули намудҳои гуногуни агрегатҳои байнимолекулавӣ, аз ҷумла, турҳои сеченака фаъоланд.

Гелҳосилкунии КМ-пектинҳо бо ионҳои калсий дар маҳлулҳои ғилзатноккардашуда. КМ-пектинҳо новобаста аз миқдори қанд ва кислотанокии муҳит гел ҳосил мекунанд. Барои ҳосилшавии гел мавҷудияти катионҳои фулузии дувалента ба монанди калтсий ва магний зарур мебошанд. Фулузоти дувалента дар реаксияи пайвастшавии молекулаи КМ-пектин иштирок мекунанд, ки ин боиси ташаккули сохтори сеченакаи гелӣ мегардад. Ғилзатнокии ионҳои фулузот, ки барои ташаккули гел лозим мебошанд, аз таркиби моддаҳои хушк, қандҳои истифодашуда, рН-и маҳсулот инчунин аз намуд ва миқдори намаки буферӣ дар таркиби маҳсулот вобастагӣ доранд.

Таҳқиқи омилҳое, ки ба хосиятҳои реологии желе таъсир мерасонанд, нишон доданд, ки: баланд шудани ҳарорат боиси мулоим шудани ҳолат (консистенсия)-и желе мегардад; бо афзоиш ёфтани ғилзатнокии пектин ҳангоми миқдори доимии калсий, устувории желе меафзояд; бо зиёд шудани вақти коркарди ҳароратии тайёр кардани желе таъсири деполимеризатсияи пектин, ки ба заиф шудани сохтори желе мусоидат мекунад, меафзояд; тағйирёбии бузургии муҳити рН (рН 3.5-4.2) дар самти ҳам зиёд ва ҳам камшавии кислотанокӣ бо каме паст шудани устувории желе оварда мерасонад; вобастагии устувории желе аз миқдори ионҳои калсий ҳангоми таносуби ҳадди аксари КМ-пектин ва ионҳои калсий барои пектини себӣ 25-30 мг ва пектини офтобпараст 30-40 мг дар як грамм пектин дошта, хусусияти экстремалӣ дорад.

Ҳамин тариқ, метавон хулоса кард, ки КМ-пектини офтобпараст, ки дар зери таъсири хлориди натрий ба даст омадаанд, дорои хусусиятҳои доираи васеи рН гелҳосилкунӣ ва дар дигар ҳолатҳои ба ин баробар устувории баланди гелро доранд. Устувории ҳадди аксари гелро бо афзоиши миқдори ионҳои калтсий метавон ба доирае мансуб донист, ки дар он ионҳои калсий дар мутаносибии баробар бо гурӯҳҳои карбоксилии МП қарор доранд. Инчунин бояд қайд кард, ки хосиятҳои гелҳосилкунандагии КМ-пектин бо кам шудани ДЭ зиёд шудаанд. Натиҷаҳое, ки дар доираи таҳқиқ ба даст оварда шудаанд метавонанд дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ мавриди истифода қарор гиранд.

Омилҳои наवे, ки ба гелҳосилкунии пектинҳо таъсиррасонанд. Тавре ки дар боло зикр гардид, омилҳои зиёде мавҷуданд, ки ба шароити ташаккули гел ва сифати ниҳии он – устувории гел (УГ) таъсир мерасонанд. Дар ин, нақши асосиро хосиятҳои молекулаҳои пектин, дарозии занҷираи онҳо ва табиати кимиёвии пайвастагиҳо, ки тури сеченакаи гелро ташкил медиҳанд, мебозанд. Дар шароити баробар, УГ бо ММ пектин меафзояд ва дилхоҳ коркарде, ки ба деполимеризатсияи занҷираҳои пектин оварда расонанда, ба хосиятҳои механикии гелҳо таъсир мерасонад.

Маҳз арзёбии қиёсии маълумоти дар натиҷаи таҳқиқ ба даст овардашуда имкон дод, ки қонуниятҳои амиқи таъсиррасонии ММ ва ё хосиятҳои гидродинамикӣ ба УГ ҳам барои пектинҳои БМ ва ҳам пектинҳои КМ-и аз намудҳои гуногуни ашёи

хоми растанигӣ ҳосил гардида, муайян карда шаванд. Қиматҳои нисбатан баланди ММ, часпакии хос ва радиуси гидродинамикии пектинҳо ба таври назаррас УГ-ро беҳтар мекунанд, дар ҳоле ки қиматҳои M_z ба УГ таъсири баръакс мерасонанд.

Таъсири нишондиҳандаи полидисперсионии M_z/M_w ба УГ дар ҷадвали 10 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 10 – Таъсири нишондиҳандаи полидисперсионии M_z/M_w ба УГ

Пектинҳо	КГ, %	ДЭ, %	$M_w \cdot e^{-3}$, кДа	$M_z \cdot e^{-3}$, кДа	M_z/M_w	УГ, °ТБ
Бх-85-60-2.0-ТС	66.00	58.20	188	12030	63.99	153
Рв-120-7-2.0-ТС	85.20	40.20	152	2433	16.01	168
ПСМ-85-60-1.8-ТС	68.00	52.40	134	2133	15.92	172
ПСМ-120-5-2.0-ТС	73.50	53.70	199	2673	13.43	180
ПСМ-120-10-2.0-М	78.00	52.80	193	2820	14.61	183
Шф-85-60-2.0-ТС	65.30	94.00	350	4975	14.21	190
LM-12 CG	69.00	35.00	136	596	4.38	192
ПСВ-85-60-2.0-ТС	64.80	77.50	260	1305	5.02	215

*Ададҳо пас аз ихтисорот – ҳарорат ва давомнокии вақт; ПСМ – Пектини себи Муъминобод; ПСВ – Пектини себи Варзоб; LM-12 CG – пектини камметилаи ситрусӣ.

Тавре ки аз ҷадвали 10 бар меояд, УГ дар баробари коҳиш ёфтани нишондиҳандаи полидисперсионӣ M_z/M_w мунтазам меафзояд. Ин далел равшан нишон медиҳад, ки новобаста аз бузургии M_w , ҳар чӣ қадар бузургии M_z баландтар бошад, ҳамон қадар УГ-и аз ҳар ду намуди пектин бадастовардашуда, заифтар аст. Бо ин метавон, гелҳосилкунии нисбатан заифи пектинҳои бихӣ, ревоҷ ва шафтолуро, новобаста аз ММ онҳо, шарҳ дод. Ба эҳтимоли зиёд, тамоюли ин пектинҳо ба агрегатсияшавӣ, новобаста аз механизми ташаккули онҳо, метавонад боиси шахшавии бармаҳали онҳо ва дар ниҳояти кор вайрон шудани сохтори умумии гел, оварда расонад.

Ҳамин тариқ, дар асоси маълумоти овардашуда, ҳангоми баҳодиҳии сифати гел, ба ғайр аз қиматҳои маъмул, ба назар гирифтани қиматҳои ДЭ ва нишондиҳандаи полидисперсионӣ M_z/M_w , ки дараҷаи агрегатсияи молекулавиро нишон дода, ба ҳосилшавии гел новобаста аз сохтори пектин монеагӣ мекунанд, муҳим мебошад. Дар асоси таҳлили систематикӣ қиматҳои M_z робитаи байни дараҷаи агрегатсияи молекулавӣ ва полидисперсиявии M_z/M_w ошкор ва бори аввал омилҳои ба УГ таъсиркунанда, муайян карда шуданд.

5. Маҳсулоти функционалӣ дар асоси гелҳои композитӣ ва лактоза

Микросфераҳои гидрогелии пектин бо зеин ҳамчун интиқолдиҳандаи моддаҳои доруворӣ ва ингредиентҳои хӯроқворӣ. Мақсади ин қисми диссертатсия таҳияи комплекси пектин-зеин (КПЗ) барои интиқол додани шакли нави доруворӣ бо истифодаи препарати зиддиинтиқоби ғайристероидӣ – РХ буд.

Раванди ҳосилшавии комплексо бо усулҳои кондуктометрия, рН-метрия ва турбидиметрия назорат карда шуданд. КПЗ бо роҳи тадриҷан илова кардани маҳлули пектини дорои РХ ба маҳлули 75%-и этаноли дорои зеин ва CaCl_2 (ZnSO_4) дар ҳарорати хонагӣ ҳосил карда шуд. Комплексои пектин-зеин-LgC тавассути илова

кардани пектин ва LgC дар фосфати буферии 0,05 M (pH 5.5) дорои PX ба маҳлули спиртии 75%-и зеин бо CaCl₂ ҳосил карда шуд.

Маълумоти ба даст овардашуда нишон медиҳанд, ки дараҷаи ғилофакшавӣ (инкапсулятсия)-и МД дар комплекс аз таносуби пектин ва зеин вобастагӣ дорад: зиёд шудани миқдори зеин дар комплекс ба дараҷаи баланди пайвастшавии PX оварда мерасонад. Дараҷаи варамкунии полимер бо зиёд шудани миқдори зеин кам мешавад. Самаронокии ғилофакшавӣ дар ҳама таносуби пектин ва зеин аз 51 то 93% меафзояд. Ҳаминро қайд кардан лозим аст, ки 10 баробар зиёд шудани миқдори PX (таносуби пектин-зеин 1:1.4) самаранокии зарурии ғилофакшавиро таъмин намекунад. Шояд ин ба табиати гидрофобии биополимер ва аз зичии бастабандии занҷираҳои полимерӣ вобаста бошад, яъне эҳтимол аст, ки дар ин ҳолат зимни ташаккули комплекс омилҳои энталпиявӣ метавонанд иштирок кунанд.

Барои ташаккули комплексҳо бо МД ғилофак кардашудаи дар қисми болоии рӯдаю меъда устувор, бо роҳи тағйир додани таносуби пектин ва зеин, ғилзат ва намуди фулузи пайвастшаванда, миқдори PX ва усулҳои ҳосилшавии комплексҳо, таҷрибаҳо гузаронида шуданд. Барои ин, ба маҳлули пектини дорои PX маҳлули спирти 75%-и зеини бо намакҳои CaCl₂ ва ZnSO₄ дошта илова карда шуд. Зимнан, миқдори PX ва фулузҳои пайвасткунанда дар ин маврид ду баробар зиёд гирифта шудаанд. Дар баробари ин, дар як қатор таҷрибаҳо барои баҳодиҳии муқоисавӣ ионҳои калсий Ca²⁺ бо ионҳои руҳи Zn²⁺ иваз карда шуданд.

Миқдори PX пайвастшуда дар комплексҳо тавассути истихроҷи пайдарпай бо маҳлули буферии 75%-и этанол ва фосфат (pH 6.4) муайян карда шуданд. Хусусиятҳои комплексҳои ҳосилшуда: таносуби пектин:зеин, дараҷаи варамшавӣ ва сер шудани PX дар ҷадвали 11 оварда шудаанд.

Ҷадвали 11 – Хусусиятҳои комплексҳои ҳосилшуда: таносуби пектин:зеин, дараҷаи варамшавӣ ва сер шудани PX

Манбаи ашё, намуди пектин	Таносуби пектин : зеин (Me ²⁺)	Дараҷаи варамкунии (S)	Миқд. PX ғилофак-кардашуда, %	Миқдори PX ҷаббидашуда дар комплекс, %
GENUL/200	1:2.0 (Ca ²⁺)	6.0	76.0	12.4
	1:2.0 (Zn ²⁺)	28.8	80.6	13.90
GENUL/200	1:1.5 (Ca ²⁺)	6.7	95.2	14.0
	1:1.5 (Zn ²⁺)	28.6	80.6	13.4
GENUL/200	1:1 (Ca ²⁺)	11.0	83.3	5.3
	1:1 (Zn ²⁺)	10.3	99.0	11.1
GENU L/200	1:0.35 (Ca ²⁺)	29.1	81.8	15.6
	1:0.35 (Zn ²⁺)	31.0	86.0	14.5
БМ-ПСМ-120-5-2.0	1:2.0 (Ca ²⁺)	26.1	58.7	5.5
БМ-ПСМ-120-5-2.0	1.0 (Ca ²⁺)	27.7	32.5	3.3
БМ-ПСМ-120-5-2.0	1:0.16(Ca ²⁺)	30.2	39.0	4.3
КМ-ПСШ-85-60-1.8	1:2.0 (Ca ²⁺)	5.3	66.0	5.3
КМ-ПСШ -85-60-1.8	1:1 (Ca ²⁺)	8.9	61.1	6.4
	1:1 (Zn ²⁺)	16.7	71.5	20.4

Натиҷаҳои титркунии турбидиметрӣ дар ҳузури ионҳои калсий нишон доданд, ки бо зиёд шудани ғилзати CaCl₂ тамоми миқдори зеин дар комплекс иштирок

меунанд. Дар ин ҳангом, бо зиёд шудани ғилзати зеин ду намуди комплекс ба вучуд меояд: пектин- Ca^{2+} -зеин ва пектин-зеин. Намуди якум, эҳтимолан, дар натиҷаи таъсири мутақобилаи электростатикӣ аз ҳисоби пайвастишии Ca^{2+} бо занҷираҳои пектин ба вучуд меояд. Ташаккули намуди дуум метавонад аз таъсири мутақобилаи сусти гидрофобӣ ё коасерватсияи ду биополимер бошад.

Дар комплексҳои дорои миқдори баланди ё баробари пектин бо зеин (1:0.35 ва 1:1), ҳангоми иваз кардани ионҳои Ca^{2+} ба ионҳои Zn^{2+} миқдори РХ-и ғилофак кардашуда хеле зиёд мешавад (мутаносибан аз 81 то 86% ва аз 83 то 99% барои пектини GENU L/200 ва аз 61 то 71% барои пектини КМ-ПСШ -85-60-1.8).

Дар асоси КМ-пектини себ дар ҳузури ионҳои фулузии дувалента хубобчаҳои сусти гидрогелӣ ба вучуд омада, баъдан ба агрегатҳо табдил ёфтанд. Дараҷаи пайвастишии РХ дар комплексҳо барои КМ-пектин нисбат ба пектини БМ-пектин баландтар буд. Ин фарқиятҳо бо сохтори мушаххаси пектин алоқаманданд, ки метавонанд коасерватҳоро бо зеин ташаккул диҳанд ва миқдори бештари МД-ро ҷалб кунанд. Микросфераҳо бо пектини офтобпараст бо дараҷаи пасти ҷалб кардани МД нисбат ба микросфераҳо, ки ба пектини ситрусӣ асос ёфтаанд, фарқ карданд.

Дараҷаи варамкунии комплексҳо бо зиёд шудани ҳиссаи пектин аз 4.0 то 5.3 ба таври намоён зиёд шуда, дараҷаи ғилофакшавии РХ аз 57.78 то 55.83% кам мегардад. Дар ҳоле, ки дараҷаи варамкунии гидрогелҳои аз пектинҳои ситрусӣ ва себ ҳосилшуда, якчанд маротиба калонтар буда, вобаста ба таносуби полисахарид дар комплекс 28.6-28.8 барои пектини ситрусӣ ва аз 26.1 то 27.7-ро барои себи КМ-пектин (СПШ) ташкил дод. Дараҷаи пасттарини варамкунии дар комплексҳои КМ-пектинҳои офтобпараст ва себ мушоҳида мешаванд.

Ин далел ҳангоми тавлиди интиқолдиҳандаҳои МД-и ба таъсири кислотаи меъда тобовар аҳамияти махсус дорад: дараҷаи баланди варамшавӣ ба пеш аз муҳлат хориҷшавии дору мусоидат мекунад, ки ин боиси ҷаббидашавии номатлуби МД дар деворҳои меъда мегардад. Комплексҳои дорои дараҷаи пасти варамшавӣ сатҳи хориҷшавии МД барои муддати тӯлонӣ нигоҳ медоранд ва ба самаранокии терапевтии дору мусоидат мекунад. Тахмин меравад, ки комплексҳои пектини офтобпараст кинетикаи сусти хориҷшавии МД дар фазои меъдаву рӯда нишон медиҳанд, ки дар тавлиди интиқолдиҳандаҳои МД-и ба таъсири кислотаи меъда тобовар, муҳим ба шумор меравад.

Дараҷаи пасти пайвастишии РХ дар микросфераҳо бо КМ-пектини офтобпараст дар муқоиса бо пектинҳои ситрусӣ бо хусусиятҳои сохтории полисахарид ба истиснои омилҳои энталпиявӣ алоқаманд аст: дараҷаи баланди полидисперсионӣ, миқдори зиёди ҷузъҳои КГ. Баҳодиҳии муқоисавӣ инчунин нишон медиҳад, ки гидрогелҳои пектини офтобпараст аз ҷиҳати хусусиятҳои асосӣ (дараҷаи ғилофакшавии МД, дараҷаи варамшавӣ, устувории механикӣ) ба гидрогелҳои аз пектини себи КМ-ПСШ гирифташуда то андозае монанданд.

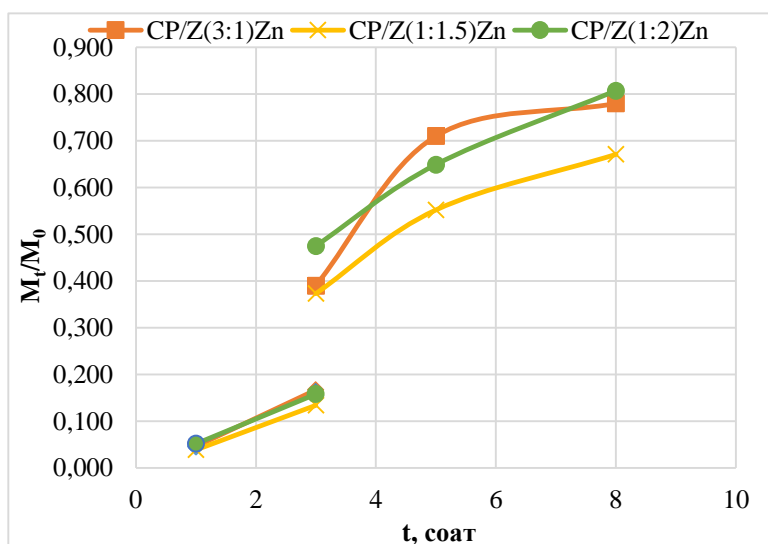
Ҳамин тавр, шароити муносиби ҳосил кардани комплекси дорувории ғилофак кардашуда дар асоси биополимерҳои табиӣ – пектин ва зеин муайян карда шуд. Натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон доданд, ки ба раванди ташаккули комплексӣ ва дараҷаи сершавии МД табиати биополимерҳо, таносуби миқдории онҳо, инчунин мавҷудият ва намуди фулузҳои дувалента таъсир мерасонанд. Ҳангоми ташаккули микросфераҳо бо КМ-пектин, комплекс асосан аз ҳисоби пайвастишавӣ бо ионҳои фулузии дувалента ва дар ҳолати БМ-пектин тавассути таъсири мутақобилаи гидрофобии биополимер ба вучуд меояд. Дар натиҷа микросфераҳо дар асоси пектин

ва зеин ба даст оварда шуданд, ки онҳо метавонанд барои ҳосил кардани интиқолдиҳандаҳои доруворӣ бо ихроҷшавии идорашаванда, истифода шаванд.

Кинетикаи ихроҷи пироксикам аз микросфераҳои пектин-зеин дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда. Кинетикаи ихроҷи МД аз СИД дар асоси пектин ва зеини чуворимакка дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда омӯхта шуд. Вобаста ба ин, СИД дар шакли микросфераҳои КПЗ-и дорои ионҳои фулузии дувалента барои интиқоли доруи суст ҳалшаванда аз қисми болоии меъдаю рӯда ба фазои рӯда таҳия карда шуданд.

Кинетикаи равандҳои ихроҷи МД аз СИД бо истифода аз маҳлулҳои буферии имитатсиякунандаи муҳити меъдаю рӯда омӯхта шуданд. Барои ин комплексҳои хушкардашуда (50 мг) бо буфер (50 мл HCl/KCl 0,2 M, pH 1.2 – барои муҳити меъда, 50 мл 0,2 M фосфати буферӣ, pH 6,4 – барои муҳити рӯда) омехта карда шуданд.

Баъд аз термостаткунонӣ дар ҳарорати 37°C экстинсияи маҳлулҳо бо усули спектрофотометрӣ дар 355 нм чен карда шуданд. Миқдори ихроҷшавандаи МД бо истифода аз қачхатаи андозабандӣ (калибровка) дар асоси нишондиҳандаи РХ ҳолис сохташуда, муайян карда шудааст.



Кинетикаи ихроҷи РХ аз микросфераҳои пектин-зеин бо КМ-пектини ситрусӣ (LM-31) дорои Zn²⁺ дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда дар расми 7 нишон дода шудааст.

Расми 7. Кинетикаи ихроҷи РХ аз КПЗ бо КМ-пектини ситрусӣ (LM-31) дорои Zn²⁺ дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда: порчаҳои ибтидои қачхата ҳангоми pH 1.2, идомаи қачхатаҳо ҳангоми pH 6.4 будан.

Истифодаи ин комплексҳо (пектин-зеин бо таносуби 3:1, 1:1,5, 1:2), тавре ки тахмин мерафт, сатҳи РХ-ро дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда ҳангоми pH 1.2 бозмедоранд ва дар ин маврид миқдори РХ ихроҷшуда 10 мас. % ташкил медиҳад. Ихроҷи РХ дар буфери имитатсиякунандаи меъдаю рӯда ҳангоми pH 6.4 чунин сурат гирифт: ихроҷи босуръати ибтидоӣ бо танозули минбаъдаи вақт. Чунон ки аз расми 8 мушоҳида мешавад, қачхатаҳои кинетикии ба даст овардашуда ба муодилаи реаксияи тартиби «якум» мувофиқанд.

Натиҷаҳои таҳқиқ қобилияти интиқолеро нишон медиҳанд, ки ихроҷи бармаҳали дорувориро дар муҳити физиологии меъда ва рӯдаи борик ҳифз менамояд. Қайд кардан зарур аст, ки системаи интиқол ҳамчунин бояд қобилияти нигоҳдории сатҳи дорувориро дар хун бо меъери терапевтӣ то ихроҷшавии он ба рӯдаи рост, ки дар ниҳоят ба камшавии меъери доруворӣ ва зиёдшавии таъсири терапевтӣ оварда мерасонад, дошта бошад. Инчунин бояд қайд кард, ки системаи интиқол низ бояд сатҳи доруро дар хун як вояи табобатӣ нигоҳ дошта бошад, то он даме, ки он ба рӯдаи рост ворид шавад, ки дар ниҳоят ба кам шудани миқдори дору ва зиёд шудани таъсири табобатӣ оварда мерасонад. Маълумоти аз натиҷаҳои таҳқиқи мазкур ба даст оварда

шуда то андозае ин талаботро қонеъ карда, имкони кинетикаи ихроҷи тартиби нулии дорувориро дар тӯли зиёда аз 24 соат нишон медиҳад.

Ҳамин тариқ, дар асоси таҳқиқи гузаронидашуда кинетикаи ихроҷшавии маводи фаъоли РХ аз СИД дар асоси микросфераҳои биополимерӣ дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда, ки имкон медиҳанд баъзе хусусиятҳои кинетикии ин системаҳо муқаррар карда шаванд, нишон дода шудааст. Нишон дода шудааст, ки СИД ҳосилшуда қобилияти нест кардани варамшавии пектинро дар меъда ва монеа шудан ба вайроншавии бармаҳали доруворӣ дар қисмати болоии меъдаро доранд. Дар асоси таҳлили натиҷаҳои бадастомадаи таҳқиқ метавон самаранокии истифодаи чунин системаро ба сифати интиқолдиҳандаҳои маводи доруворӣ арзёбӣ кард.

Ҳосил кардани шарбати глюкоза-галактоза аз зардоби шир. Таҳқиқи илмӣ ба такмил додани технологияи истеҳсоли шарбати глюкоза-галактоза (ШГГ) аз ЗШ ва истифодаи он ҳамчун ашёи хом дар истеҳсоли маҳсулоти қаннодию ордӣ бахшида шудааст. Ҳангоми беҳинсозии раванди ферментатсияи пермеати ЗШ бо β -галактозидаза шароити муносиби гидролизи лактоза муайян карда шуд, ки давомнокии ин раванд 2 соатро дар бар гирифт. Азбаски дараҷаи ширинии шарбат омили муҳими таъсирбахшанда ба сифати он ба шумор меравад, раванди тӯлонии гидролиз метавонад боиси паст шудани концентратсияи глюкоза гардида, сатҳи ширинии онро кам кунад, ки ин раванд ба сифати шарбат таъсири манфӣ дорад.

Ҳангоми истеҳсоли ШГГ барои беҳтар гардонидани ширинии он коркарди ҳароратӣ бо мақсади муайян кардани параметрҳои муносиби гидролизи ферментативии пермеати зардобӣ истифода шудааст. Таҳлили муқоисавии таркиби моносахаридҳои ШГГ дар ҷадвали 12 оварда шудааст.

Ҷадвали 12 - Таҳлили муқоисавии таркиби моносахаридҳои ШГГ

Карбогидратҳо	65 % моддаҳои хушк		70 % модаҳои хушк	
	Озмоиши қаблӣ, %	Озмоиши нав, %	Озмоиши қаблӣ, %	Озмоиши нав, %
Глюкоза	45.0±2.0	42.0±0.2	43.0±3.0	45.2±0.2
Галактоза	20.0±3.0	15.0±0.2	24.0±2.0	17.3±0.1
Қандҳои муқаррарнашуда	-	~ 8	-	~ 7,5

Таҳлили таркиби моносахаридҳо нишон медиҳад, ки β -галактозидазиҳои тичоратӣ ба гидролизи пурраи лактоза бо ҷудошавии глюкоза ва галактоза аз он мусоидат намуда, сатҳи баланди ширинии шарбатро таъмин мекунанд.

Натиҷаҳои бадастомада аз он шаҳодат медиҳанд, ки барои баланд бардоштани ширинии ШГГ баъд аз гидролизи пермеати зардоб коркарди ҳароратӣ лозим аст. ШГГ бо миқдори моддаҳои хушк 65±2% ва 70±2% ба даст оварда шуд. Таҳлили хроматографӣ нишон дод, ки ШГГ 43-48% глюкоза ва 16-22% галактоза дорад. Ин далелро бо ташаккули ёфтани галактоолигсахаридҳо асоснок кардан мумкин аст, зеро β -галактозидаза дар шароити таҷрибавӣ фаъол боқӣ монд. Ғилзаткунонии ШГГ то 65%-и миқдори умумии моддаҳои хушк тавсия дода мешавад.

Ҳамин тариқ, дар асоси натиҷаҳои таҳқиқи гузаронидашуда технологияи истеҳсоли ГГС аз пермеати ЗШ бо роҳи ферментатсия бо β -галактозидаза таҳия карда шуд. Оид ба технологияи мазкур дар Ҷумҳурии Тоҷикистон патент оид ба ихтироот

гирифта шудааст (Замимаи Б-и диссертатсия). Технологияи истеҳсоли кулчақанд бо истифодаи ШГГ пешниҳод шуда, нишондиҳандаҳои органолептикӣ ва физикӣ-химиявӣ маҳсулоти тайёр муайян карда шудаанд.

Натиҷаҳои татбиқи амалии ШГГ дар истеҳсоли кулчақандҳо дар коргоҳи «Лаззат» (ҶСП, ш. Душанбе) дар шакли санади санҷишӣ бо арзёбии илмию иқтисодӣ ва тавсияҳо оид ба истифодабарӣ ба расмият дароварда шудаанд (замимаи Д-и диссертатсия).

ХУЛОСА

1. Ҷамбасти систематикӣ маълумоти таҷрибавӣ ва адабиётӣ оид ба таҳия намудани усулҳои муосири ҳосил намудани пектин аз манбаъҳои гуногуни ашёи хом гузаронида шуда, шароити ба даст овардани СИД ва нутриентҳо дар асоси онҳо муайян карда шуданд [1М -37М].

2. Усулҳои нави гидролиз-экстраксияи пектинҳои पोмаҳои мевагӣ бо флеш-усул – усули зуд истихроҷкунанда таҳти фишор ва усули динамикии гидролиз-экстраксияи пектин аз сабади офтобпараст, ки имкони ихтисор кардани давомнокии раванди гидролиз, пешгирии таъсири аз ҳад зиёди кислотаҳо ва ҳарорати баланд ба таркиб ва сохтори молекулаҳои пектинро доранд ва раванди мазкурро бо мақсади ба даст овардани ПП бо параметрҳои сохтори муносиб ва баромад идора мекунад, таҳия шудааст, ки боиси хеле кам шудани хароҷот ва чандирии хатти технологияи истеҳсоли пектин мегардад [1-М], [7-М], [8-М], [22-М], [24-М], [25-М], [29-М], [33-М], [38-М].

3. Тозакунӣ ва ғилзаткунонии гидролизати пектин бо усули ДУП пешниҳод карда шудааст. Исбот карда шудааст, ки бар хилофи усулҳои маъмул, усули пешниҳодшуда имкон медиҳад гидролизати пектин аз полисахаридҳои нейтралӣ ва дигар моддаҳои каммолекулярӣ пурра тоза ва ҳамзамон сифати пектин (ММ, миқдори КГ ва ДЭ) беҳтар карда шуда, истифодабарии он дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ ва биотиббӣ имконпазир гардад [5-М], [9-М], [20-М], [39-М], [42-М].

4. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми беҳинсозии раванди ДУП бо роҳи тартиб додани амсилаи математикӣ ва омӯзиши ин амсилаи истеҳсолӣ ҳосилнокии дастгоҳ аз ҳисоби зиёд кардани миқдори даврҳои диализ меафзояд. Дар асоси амсиласозӣ ва беҳингардонии параметрҳои физикӣ-кیمیёвӣ равандҳои алоҳидаи истеҳсоли ПП ва нақшаи усули идоракунии автоматии равандҳои технологияи таҳияшуда, барномаи имконпазири ба роҳ мондани истеҳсолоти саноатии пектин пешниҳод карда шуд [27-М], [46-М], [57-М].

5. Усулҳои аз ҷиҳати илмӣ асоснок ва пешниҳодшуда оид ба ҷудо кардани ғилзати лактоглобулин (LgC) ва лактоза аз ЗШ дар ҳамбастагӣ бо усулҳои центрифугонӣ ва ултраполоишӣ (УП) имкон медиҳанд, ки маҳсулоти функционалӣ бо МФБ ва ба талаботи физиологии гурӯҳҳои гуногуни аҳоли ҷавобгӯ, истеҳсол карда шаванд [16-М], [30-М], [39-М].

6. Омӯзиши механизми гелҳосилкунии КМ-пектин нишон дод, ки дар ҳузури фулузҳои поливалентӣ, ба истиснои калтсий, тағйироти конформатсионии дохилимолекулярӣ бо ҳосил шудани агрегатҳои димерию полимерӣ то ҳадди ҷудошавии фазавӣ гели баланд варамкардашуда, ба амал меояд. Ба ғайр аз параметрҳои маъмулӣ раванди гелҳосилкунии пектин, қиммати нишондиҳандаи полидисперсионии (M_z/M_w), ки дараҷаи агрегатсияи молекулавиро инъикос мекунад ва бори аввал ҳамчун омил нави таъсиркунанда ба устувории гел муайян шудааст, барои истифодабарӣ пешниҳод карда шудааст [11-М] [13-М], [26-М], [31-М], [35-М], [51-М].

7. Гелҳосилкунии инотропии пектинҳо дар ҳузури катионҳои дувалента бо мақсади таҳияи шароити ҳосил кардани комплексҳо дар асоси пектин ва зеин бо доруи ғилофак кардашуда, ки ба таъсири муҳити меъда тобовар мебошанд, пешниҳод карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки ионҳои Zn^{2+} ҳамчун фулузҳои алоқаманд бо пектин дар муқоиса бо ионҳои Ca^{2+} ба ташаккули сохтори зичтар мусоидат мекунанд, ки ин ҳангоми тавлиди интиқолдиҳандаҳои дорувории тобовар ба ихроҷи пеш аз муҳлати МД дар қисми болоии меъдаю рӯда муҳим аст [3-М], [4-М], [41-М].

8. Шароити муносиби ҳосил кардани комплекси дорувории ғилофак кардашуда дар асоси биополимерҳои табиӣ – пектин ва зеин муайян карда шудаанд. Нишон дода шудааст, ки табиати биополимерҳо, таносуби онҳо, инчунин мавҷудият ва навъи фулузоти дувалента ба раванди ташаккули комплексӣ ва дараҷаи сершавии МД таъсир мерасонанд. Ҳангоми ташкили микросфераҳо бо КМ-пектинҳо комплекс асосан аз ҳисоби пайваستшавӣ бо ионҳои фулузоти дувалента ва дар ҳолати бо БМ-пектин тавассути таъсири мутақобилаи гидрофобии биополимер ташаккул меёбад [4-М], [6-М], [14-М], [19-М].

9. Кинетикаи ихроҷи моддаи фаъоли РХ аз СИД дар асоси микросфераҳои биополимерӣ дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда нишон дода шудааст, ки ин имкон дод баъзе хусусиятҳои кинетикаи ин система муқаррар карда шаванд. Исбот шудааст, ки комплексҳои бадастовардашуда қодиранд варамшавии пектинро дар меъда рафъ кунанд ва нобудшавии маводи доруо дар қисми болоии муҳити меъдаю рӯда пешгирӣ кунанд [3-М], [6-М], [18-М], [50-М], [51-М], [54-М].

ТАВСИЯҲО ОИД БА ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚ

Мувофиқи натиҷаҳои дар таҳқиқи мазкур бадастомада, тавсия дода мешавад:

1. Усулҳои пешниҳодшуда – флеш-усул ва усули динамикии гидролиз-экстраксияи МП ва технологияе, ки дар асоси онҳо таҳия шудааст, имкон медиҳад, ки пектинӣ дорои хосиятҳои муносиби физикию кимиёвӣ аз манбаъҳои гуногун ҳосил карда шавад. Технологияи мазкур метавонад тадбиқи худро дар истеҳсоли саноатии пектин аз дилхоҳ ашёи хоми пектиндор пайдо кунад ва пектини ҳосилшуда метавонад дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ ва биотиббӣ истифода шавад;

2. Системаи таҳияшудаи ДУП барои тоза кардан ва ғилзаткунонии гидролизатҳои пектинӣ имкон медиҳад, ки маҳлулҳои пектинӣ аз полисахаридҳои нейтралӣ ва дигар моддаҳои каммолекулярӣ ба сифати пектин таъсири манфӣ расонанда, комилан тоза карда шаванд ва истифодабарии ин усулро дар истеҳсоли пектин афзалиятнок гардонад. Илова бар ин, тадбиқи ин раванд технологияи истеҳсоли пектинро аз ҷиҳати экологӣ беҳатар мегардонад;

3. Барномаи пешниҳодшудаи идоракунии автоматӣ дар асоси амсиласозӣ ва беҳингардонии параметрҳои физикӣ-кимиёвии равандҳои алоҳидаи истеҳсоли ПП ва нақшаи таҳияшудаи усулии идоракунии автоматии равандҳои технологияи он, метавонанд барои ба роҳ мондани истеҳсолоти имконпазири саноатии пектин истифода шаванд.

4. Усули озмоишии селективии таҳиягардида оид ба ҷудо кардани LgC аз ЗШ бо истифода аз раванди УП ва ҳосил кардани намунаҳои ғилзатҳои ширию сафедавӣ метавонанд дар технологияи ғилзати ЗШ ва маҳсулоти ширӣ ба сифати ҷузъи таркибии иловагӣ барои баланд бардоштани ғизонокии маҳсулоти тайёр истифода

карда шаванд. ШГГ-и дар натиҷаи гидролизи ферментативии лактозаи аз УП-пермиати ЗШ ҳосилгардида, метавонад ба сифати ивазкунандаи қанд дар истеҳсоли маҳсулоти ордио қаннодӣ васеъ истифода карда шавад.

5. Натиҷаҳои таҳқиқро оид ба хусусиятҳои гелҳосилкунандаи пектин бо назардошти омилҳои таъсиркунанда ба устувории гелҳосилкунӣ метавон дар истеҳсоли маҳсулоти желеғӣ дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ истифода бурд.

6. Таҳқиқи гузаронидашуда оид ба равандҳои пайвастшавӣ ва таҳшиншавии сафедаҳои ЗШ бо КМ-пектини себ, дурнамои истифодаи пектин ва сафедаҳои ЗШ ҳамчун иловаҳои пурарзиши биологӣ, ки хосиятҳои муҳофизатӣ ва пешгирикунандагӣ доранд, нишон медиҳанд. Дар асоси таҳқиқи мазкур истифодабарии КМ-пектин бар ивази устуворкунандаҳои воридотӣ дар истеҳсоли маҳсулоти турши ширӣ тавсия дода мешавад.

7. Натиҷаҳои ба даст овардашуда оид ба ҳосил кардани микросфераҳои гидрогелӣ дар асоси биополимерҳои табиӣ - пектин ва зеин бо доруи ғилофак кардашуда, инчунин таҷрибаҳои гузаронидашуда оид ба омӯзиши кинетикаи ихроҷшавии МД аз СИД имкон медиҳанд, ки самаранокии истифодаи чунин система ҳамчун интиқолдиҳандаи МФБ арзёбӣ карда шаванд. Натиҷаҳои таҳқиқ метавонанд дар таҳияи интиқолдиҳандаҳои доруворӣ бо ихроҷшавии идорашавандаи моддаҳои фаъоли биологӣ дар саноати хӯрокворӣ, биотиббӣ ва фармакологӣ истифода шаванд. Усулҳои таҷрибавии таҳияшуда ва мутобиқшудаи омӯзиши кинетикаи ихроҷи МД аз СИД, ки дар шароити имитатсияи муҳити меъдаю рӯда гирифта шудаанд, метавонанд дар озмоишгоҳҳо барои скрининг ва арзёбии пешакии самаранокии системаҳои полимери интиқоли моддаҳои аз ҷиҳати биологӣ фаъол истифода шаванд.

Натиҷаҳои татбиқи амалии пектин ҳамчун гелҳосилкунанда ва устуворкунанда ва истифодаи ШГГ дар корхонаҳои хӯроквории Ҷумҳурии Тоҷикистон дар шакли санади санчишӣ ва хулосаҳои экспертӣ бо арзёбии илмӣ-иқтисодии самаранокии татбиқи амалӣ ва тавсияҳо оид ба истифодабарӣ ба расмият дароварда шудаанд:

- ✓ Санади санчишӣ оид ба истифодаи ғилзати пектинӣ дар истеҳсоли мармелад дар корхонаи «Ширин» (ҶСК, ш. Душанбе), (Замимаи В);
- ✓ Санади санчишӣ оид ба истифодаи ғилзати пектинӣ дар истеҳсоли маҳсулоти қаннодии «Ширин» (ҶСК, ш. Душанбе), (Замимаи Г);
- ✓ Санади санчишӣ оид ба истифодаи шарбати глюкоза-галактоза дар истеҳсоли кулчақандҳо дар корхонаи «Лаззат» (ҶСП, ш. Душанбе), (Замимаи Д);
- ✓ Хулосаи экспертӣ оид ба истифодаи маҳлули пектинӣ барои устуворкунии маҳсулоти турши ширӣ (кефир ва йогурти мевагӣ) дар “Комбинати шири Душанбе” (ҶСП, ш. Душанбе), (Замимаи Е).

Интишори мақолаҳо дар манбаҳои байналмилалӣ маълумот (Web of Science ва Scopus ва нашрияҳои хориҷӣ), ки аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд

[1-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Effect of supporting electrolyte on hydrolysis of sunflower protopectin / D. Kh. Khalikov, Kh. Kh. Avloev, R. M. Gorshkova, Z. K. Mukhiddinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi) // Chemistry of Natural Compounds. – 2002. – V. 38 (2). – P.142-144. <https://doi.org/10.1023/A:1019631813174>.

[2-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Полисахариды ревеня скального (Rheum rupestre) / Р. М. Горшкова, А. С. Насриддинов, З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков, С. Д.

Халикова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53, № 6. – С.87-90. ISSN 0579-2991; e-ISSN 2500-3070.

[3-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein microspheres as a Drug Delivery Systems / Z. K. Muhidinov, G. F. Kasimova, D. T. Bobokalonov, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. D. Khalikova, L. S. Liu // Pharmaceutical Chem. – 2010. – V. 44 (9). – С.20-24. <https://doi.org/10.1007/s11094-011-0518-x>.

[4-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Пектин-зеиновые гели для инкапсулирования лекарственных средств и пищевых ингредиентов / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Д. Т. Бобокалонов, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касимова, L. S. Liu // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т.54. – Вып.11 – С. 97-100. ISSN 0579-2991; e-ISSN 2500-3070.

[5-М] Тешаев Х.И. (Икромии Х.И.). Диаультрафильтрационное концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов / З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, А. С. Джонмуродов, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu, M. L. Fishman // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т.54. – Вып.2 – С. 121-125. ISSN 0579-2991; e-ISSN 2500-3070.

[6-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein Hydrogels for the Delivery of Drugs and Nutrients / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), G. F. Kasimova, A. S. Nasridinov, L. S. Liu // Gums and Stabilisers for the Food Industry 16. Editors: P. A. Williams and G. O. Philips. – RSC Publishing. – 2012. – P. 401-406. <https://doi.org/10.1039/9781849734554-FP005>.

[7-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Physico-chemical characterization of pectic polysaccharides from various sources obtained by steam-assisted flash extraction (SAFE) / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Dzhonmurodov, D. Kh. Khalikov, M. L. Fishman // Macromolecular Symposia. Editors: V. Aseyev, H. Tenhu. – 2012. –V. 317-318 (1). – P. 142-148. <https://doi.org/10.1002/masy.201100108>.

[8-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectic polysaccharides from pumpkin fruit / A. S. Jonmurodov, Z. K. Mukhidinov, G. D. Strahan, S. E. Kholov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. L. Fishman, L. S. Liu // 18th Gums and Stabilisers for the Food Industry Conference / Ed. by Peter A. Williams and Glyn O. Philips. – RSC Publishing. – 2016. – P. 23-36. <https://doi.org/10.1039/9781782623830-00023/>.

[9-М] Ikromi Kh. I. Structural characterization of pectin obtained by different purification methods / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Ikromi, A. S. Jonmurodov, A. S. Nasridinov, S. R. Usmanova, J. T. Bobokalonov, G. D. Strahan, L. S. Liu // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – V.183. – P. 2227-2337. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.094>.

[10-М] Икромии Х.И. 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. – № 12(2). – С. 279-290. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-279-290>.

**Мақолаҳо дар насприяҳои дигаре, ки аз ҷониби Комиссияи олии
аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсия шудаанд**

[11-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Гелеобразование низкометилизованного пектина в присутствии ионов поливалентных металлов / Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков, Х. Х. Авлоев // Докл. АН РТ. – 2002. – Т. XLV, № 1-2. – С. 72-78.

[12-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Факторы, влияющие на желеобразование низкометилированного пектина / З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2004. – Т. XLV11, № 1-2. – С. 77-79.

[13-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.), Мухидинов З. К., Авлоев Х. Х., Халиков Д. Х. Действие ионов поливалентных металлов на гелеобразование низкометилированного пектина. – Реферативный сборник непубликуемых работ НПИЦентра РТ. – Выпуск 01.2004. № И (1632). – 6 с., – Библиогр.: 7 назв. – Рус. – Деп. В НПИЦентре 14.04.2004 г.

[14-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.), Мухидинов З. К., Халиков Д. Х., Авлоев Х. Х., Овсепян А. М., Панов В. П. Особенности кинетики деэтерификации высокометилированного пектина. – Реферативный сборник непубликуемых работ НПИЦентра РТ. – Выпуск 01.2004. № 13 (1634). – 3 с., – Библиогр.: 3 назв. – Рус. – Деп. В НПИЦентре 14.04.2004 г.

[15-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Турбидиметрическое титрование зеина кукурузной муки / А. Ш. Штанчаев, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), З. К. Мухидинов, Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2007. – Т. 50, № 9-10. – С. 748-752.

[16-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Белки молочной сыворотки: анализ компонентного состава в полиакриламидном геле, выделение основных сывороточных белков / З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касымова, Ф. Н. Джураева, Д. Т. Бобокалонов, М. Д. Халикова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми) // Известия АН РТ. – 2008. – №1(130). – С. 52-56.

[17-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Нерастворимые комплексы белков молочной сыворотки с различными пектинами / З. К. Мухидинов, А. Ш. Штанчаев, А. С. Насриддинов, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2008. – Т. 51, № 8. – С. 607-614.

[18-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Гидрогелиевые микросферы на основе биоразрушающих полимеров как носитель лекарственных средств / З. К. Мухидинов, Г. Ф. Касымова, Д. Т. Бобокалонов, А. С. Насриддинов, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), Л. Ш. Луи // Известия АН РТ. – 2009. – №1 (134). – С. 59-65.

[19-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Потенциометрическое титрование β -лактоглобулина молочной сыворотки / З. К. Мухидинов, С. Р. Усманова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), З. Б. Шарифова, Ф. Н. Джураева, Д. Х. Халиков // Докл. АН РТ. – 2011. – Т.54, № 2. – С. 124-128.

[20-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов на полупромышленной диа-ультрафильтрационной установке / А. С. Джонмуродов, Х.И. Тешаев (Х. И. Икроми), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, Л. Ш. Лиу, М. Л. Фишман // Известия АН РТ. – 2011. – №1(142). – С. 67-73.

[21-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Взаимодействие низкометилированных пектинов с концентратом белков молочной сыворотки / Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), С. Р. Усманова, О. Шамсоро, З. К. Мухидинов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 1 (51). – С. 158-164.

[22-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Характеристика пектина, полученного новым методом гидролиза экстракции из корзинок подсолнечника / Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, А. С. Джонмуродов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 2 (52). – С. 162-167.

[23-М] Тешаев Х. И. (Икроми Х. И.). Микрокапсулы на основе пектина подсолнечника и концентрата белков молочной сыворотки / О. Шамсоро, Х. И. Тешаев (Х. И. Икроми), З. К. Мухидинов, С. Р. Усманова, З. Б. Шарифова, Л. Ш. Лиу // Известия АН РТ. – 2012. – №2 (147). – С. 89-95.

[24-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Физико-химические и гидродинамические свойства пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Ш. Ё. Холов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов, Н. К. Chau, L. S. Liu // Докл. АН РТ. – 2015. – Т. 58, №3. – С. 241-247. ISSN: 0002-3469

[25-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Строение пектиновых полисахаридов солерастворимой фракции подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Ш. Ё. Холов, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов, G. D. Strahan, L. S. Liu // Докл. АН РТ. – 2015. – Т.58, №4. – С. 320-325. ISSN: 0002-3469.

[26-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Новый фактор, влияющий на желеобразование пектиновых полисахаридов / Ш. Ё. Холов, А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии) // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – №1 (67). – С. 151-155.

[27-М] Икромии Х.И. Особенности инженерного расчета процесса ультрафильтрационного концентрирования и очистки пектиновых полисахаридов / Ш. Ё. Холов, Х. И. Икромии, Н. И. Юнусов, З. К. Мухидинов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т.79, № 4. – С. 26-30. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-26-30.

[28-М] Икромии Х. И. Олигосахариды из плодов абрикоса, характеристика методом ВЭЖХ / М. Х. Рахмонов, А. С. Джомуродов, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов // Актуальная биотехнология. – 2019. – №3 (30). – С. 201-204. ISSN 2304-4691.

[29-М] Икромии Х. И. Строение водорастворимой фракции пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Х. И. Икромии, С. Р. Усманова, Ш. Ё. Холов, А. С. Насриддинов, З. К. Мухидинов, G. D. Strahan // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2020. – № 4. – С. 269-276.

[30-М] Икромии Х. И. Влияние типа и концентрации щелочного агента на углеводный состав глюкозо-галактозного сиропа / Р. С. Самадов, Х. И. Икромии, И. Ципровича, З. К. Мухидинов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2022. – № 2-3 (386-387). – С. 16-20.

[31-М] Икромии Х. И. Желеобразующие свойства низкометилированного пектина подсолнечника / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – №2 (49). – С. 28-35.

[32-М] Икромии Х. И. Парциальный удельный объем пектинов различного происхождения / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – №3 (50). – С. 26-32.

[33-М] Икромии Х. И. Фракционное выделение пектиновых полисахаридов подсолнечника в динамическом режиме / Х. И. Икромии // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2022. – № 3 (59). – С. 72-76.

[34-М] Икромии Х.И. Микрокапсулирование биоактивных веществ для создания функциональных пищевых продуктов / Х. И. Икромии // Наука и инновация. – 2022. – № 3. – С.238-244.

[35-М] Икромии Х.И. Факторы, влияющие на реологические свойства желе на основе низкометилированного пектина / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – № 4/II (52). – С. 10-17.

[36-М] Икромии Х.И. Функциональные продукты на основе растительных источников / Х. И. Икромии // Наука и инновация. – 2023. – № 1. – С. 96-103.

[37-М] Икромии Х.И. Кинетика выхода пироксикама из пектин-зеиновых микросфер в условиях, моделирующих среду желудочно-кишечного тракта / Х. И. Икромии // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2023. – №1 (52). – С. 29-36.

Патентҳо оид ба ихтироот

[38-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Патент ТҶ 563 Республики Таджикистан. Флеш-способ производства пектина из растительного сырья / Мухидинов З. К., Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.), Джонмуродов А. С., Лиу Л. С. – НПИЦентр РТ, 2011. Бюл. №3 (11).

[39-М] Икромӣ Х. И. Патент ТҶ 1248 Республики Таджикистан. Способ производства глюкозо-галактозного сиропа / Самадов Р.С., Икромӣ Х.И., Мухидинов З.К. ГУ «НПИЦентр» МЭРиТ РТ, 2022. Бюл. № 182.

Рӯйхати мақолаҳо дар маҷаллаҳои конференсияи байналмилалӣ

[40-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Investigation of alkaline de-esterification of pectin by infrared spectroscopy in solution / Z. K. Mukhidinov, A. M. Ovsepian, V. P. Panov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Kh. Kh. Avloev, D. Kh. Khalikov // The 5th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds, May 20-23, 2003. – Tashkent, 2003. – P. 233.

[41-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Role of polyvalent metal ions in the structural formation of low methoxyl pectin gels / Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Z. K. Mukhidinov, Kh. Kh. Avloev, D. Kh. Khalikov // The 5th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds, May 20-23, 2003. – Tashkent, 2003. – P. 246.

[42-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов диаультрацией / З. К. Мухидинов, М. А. Ахмедов, Х. Х. Авлоев, Д. Х. Халиков, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромӣ) // Международная конференция: «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты», 25-27 октября 2006 года. – Душанбе, 2006. – С. 133-134.

[43-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Химия и технология пектиновых полисахаридов. Достижения за последние 20 лет / З. К. Мухидинов, Х. Х. Авлоев, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромӣ), Д. Х. Халиков // Международная конференция: «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты», 25-27 октября 2006 года. – Душанбе, 2006. – С. 134-135.

[44-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Образование зеин-пектиновых комплексов / З. К. Мухидинов, А. С. Насриддинов, С. Р. Усманова, А. Ш. Штанчаев, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромӣ), Д. Х. Халиков // Материалы III Международной научно-практической конференции: Перспективы развития науки и образования в 21 веке, 22-24 мая 2008 года. – Душанбе: Деваштич, 2008. – С. 170-173.

[45-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Some Hydrodynamic Properties of Pectin in Dilute Solution / Z. K. Mukhidinov, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Nasriddinov // The 9th International Hydrocolloids Conference, 15-19 June 2008. – Rasa Sentosa Resort, Singapore. – 2008. – P. 47-48.

[46-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Диаультрационная очистка и концентрирование пектиновых полисахаридов / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромӣ), З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Пятая Всероссийская Каргинская конференция: «Полимеры-2010», 21-25 июня 2010 года. – Москва, 2010. – С. 146.

[47-М] Тешаев Х. И. (Икромӣ Х. И.). Гидрогелиевые композиции на основе пектина и зеина, как носители лекарственных веществ / Г. Ф. Касимова, Д. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромӣ), Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Пятая Всероссийская Каргинская конференция: «Полимеры-2010», 21-25 июня 2010 года. – Москва, 2010. – С. 27-29.

[48-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Полупромышленная диализультрафильтрационная установка в производстве пектина / А. С. Джонмуродов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), З. К. Мухидинов, А. С. Насриддинов, Р. М. Горшкова, Д. Х. Халиков, L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Подготовка научных кадров и специалистов новой формации в свете инновационного развития государств», 30,31 октября и 1 ноября 2010 года. – Душанбе: Ирфон, 2010. – С. 222-225.

[49-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Биологически активные продукты из вторичных ресурсов и отходов производства / З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), Г. Ф. Касимова, А. С. Джонмуродов, L. S. Liu // Сборник тезисов докладов международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и НПО к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды», 24-25 марта 2011 г. – Душанбе, 2011. – С. 140-142.

[50-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Pectin-Zein Hydrogel for delivery of Drug and Nutrients / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), G. F. Kasimova, A. S. Nasridinov, L. S. Liu // The Sixteenth Gum and Stabilisers for the Food Industry, 28th June-1st July, 2011. – Wageningen, Nitherlands. – 2011.

[51-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). A new factor effecting gel strength of pectin / Z. K. Mukhidinov, A. S. Jonmurodov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), M. L. Fishman // The Sixteenth Gum and Stabilisers for the Food Industry, 28th June-1st July, 2011. – Wageningen, Nitherlands. – 2011.

[52-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Molar mass and molar mass distribution of pectin from different sources Abstract Book / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Dzhonmurodov, S. D. Khalikova, M. L. Fishman // The 14th IUPAC International Symposium on Macromolecular Complexes (MMC), University of Helsinki. – Helsinki, Finland, August 14-17. – 2011. – P. 110.

[53-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Delivery System from biodegradable polymers for encapsulation of poor water soluble drugs / Z. K. Mukhidinov, J. T. Bobokalonov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), F. M. Khojaeva, K. B. Murzagulova, L. S. Liu // The 4th International Workshop on Specialty Polymers for Environment protection, Oil Industry, Bio-, nanotechnology and medicine, May 20-21, 2011. – Almaty, Kazakhstan, 2011. – P. 65.

[54-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Drug Release from Zein/Pectin Hydrogels in Ex Vivo Experiments / Z. Mukhidinov, J. Bobokalonov, F. Khojaeva, Kh. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), L. S. Liu // The 3th International Congress on Biohydrogels. Gould Institute, November 08-12, 2011. – Florence, Italy. – 2011. – P. 98.

[55-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Пектиновые полисахариды из плодов тыквы / З. К. Мухидинов, Р. М. Горшкова, С. Д. Халикова, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии», 15-17 марта 2012 года. – Худжанд, Республика Таджикистан, 2012. – С. 43-48.

[56-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Параметры, влияющие на желеобразование пектинов / А. С. Джонмуродов, З. К. Мухидинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), L. S. Liu // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии», 15-17 марта 2012 года. – Худжанд, Республика Таджикистан. – 2012. – С.37-43.

[57-М] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh.I.). Purification and concentration of pectin polysaccharide hydrolisate by dialultrafiltration. A pilot plan scale / A. S. Jonmurodov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), Z. K. Mukhidinov, L. S. Liu // XX International conference on Chemical Reactors «CHEMREACTOR-20», December 3-7. – Luxemburg. – 2012. – P. 184-185.

[58-M] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Gravity flow dynamic method for hydrolysis and extraction of pectin from sunflower / Z. K. Mukhidinov, R. M. Gorshkova, D. Kh. Khalikov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), L. S. Liu // XX International conference on Chemical Reactors «CHEMREACTOR-20», December 3-7. – Luxemburg. – 2012. – P. 212-213.

[59-M] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). Physico-chemical characterization of pectic polysaccharides from various sources obtained by steam assisted flash extraction (SAFE) / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), A. S. Jonmurodov, D. Kh. Khalikov, M. L. Fishman // The 14th International Symposium on Macromolecular Complexes. – Helsinki, Finland. – 2012. – P.317-318.[doi:10.1002/masy.201100108](https://doi.org/10.1002/masy.201100108).

[60-M] Тешаев Х. И. (ИкромИ Х. И.). Молекулярная масса пектинов, полученных с использованием универсальной калибровки / А. С. Джонмуродов, Ш. Ё. Холов, Р. М. Горшкова, Х. И. Тешаев (Х. И. ИкромИ), З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 1150 летию персидско-таджикского учёного Абубакра Рази, 27-28 мая 2015 года. – Душанбе. – 2015. – С.115-117.

[61-M] Teshaeв Kh. I. (Ikromi Kh. I.). New approaches for pectin extraction from sunflower head residue / Z. K. Mukhidinov, Kh. I. Teshaeв (Kh. I. Ikromi), S. E. Kholov, S. R. Usmanova, A. S. Jonmurodov, J. T. Bobokalonov, L. S. Liu // Abstract for 19th Gum and Stabiliser for Food Industry Conference, June 27th - 30th. – Berlin, Germany. – 2017. – P. 18.

[62-M] ИкромИ Х. И. Молекулярная масса и ММР полисахаридов из корнеклубней эремуруса Гиссарского (пектинов, полученных с использованием универсальной калибровки) / А. С. Джонмуродов, Ш. Ё. Холов, Р. М. Горшкова, Х. И. ИкромИ, З. К. Мухидинов // Материалы международной научно-практической конференции посвящённую «Дню химика» и 70-летию академика Ганиева И.Н., 28-мая 2018 года. – Душанбе. – 2018. – С. 221-224.

[63-M] ИкромИ Х. И. Влияние термообработки пермеата молочной сыворотки на качество глюкозо-галактозного сиропа / Р. С. Самадов, Х. И. ИкромИ, И. Ципровича, З. К. Мухидинов // Сборник статей XI Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания» Саратов, 28-29 ноября 2019 г. / Под ред. Симаковой И.В., Неповинных Н.В. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – С.130-134.

[64-M] Ikromi Kh.I. A new method for pectin extraction from sunflower head residue / Z. K. Muhidinov, Kh. I. Ikromi, A. S. Jonmurodov, A. S. Nasriddinov, J. T. Bobokalonov, L. S. Liu // ACS Spring 2020 National Meeting and Expo. Mar. 22-26, 2020. <https://www.morressier.com/article/new-method-pectin-extraction-sunflower-head-residue/5e73d6ce139645f83c22a03a?>

[65-M] ИкромИ Х. И. Характеристика пектинов, полученных из нетрадиционных источников сырья / А. С. Насридининов, А. С. Джонмуродов, С. Р. Усманова, Х. И. ИкромИ, 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.461-467.

[66-M] ИкромИ Х. И. Влияние способов получения и очистки фруктовых гидролизатов на прочность пектиновых гелей / М. Х. Рахмонов, Ш. Ё. Холов, А. С. Джонмуродов, А. И. Ашуров, Х. И. ИкромИ, 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. 581-585.

[67-M] ИкромИ Х. И. Гидрогели на основе комплекса ионов двухвалентных металлов с пектинами как носители лекарственных веществ / Т. С. Маликов, А. С.

Насриддинов, И. Б. Исмоилов, Х. И. Икромии, С. Р. Усманова, З. К. Мухидинов // Сборник статей первой международной научно-практической конференции “Перспективы развития исследований в области химии координационных соединений и аспекты их применения”, 30-31 марта 2022. – Душанбе. – 2022. – С. 74-79.

Рӯйхати мақолаҳо дар маҷаллаҳои конференсияҳои ҷумҳуриявӣ

[68-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Носители лекарственных препаратов на основе биополимеров / З.К. Мухидинов, Г.Ф. Касимова, М.Д. Халикова, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Тешаев (Х.И. Икромии), Д.Х. Халиков, L. S. Liu // Материалы VI Нумановских чтений, 29-30 мая 2009 года. – Душанбе, 2009. – С. 102-104.

[69-М] Тешаев Х. И. (Икромии Х. И.). Концентрат лактоглобулинов из молочной сыворотки и методы их выделения / З. К. Мухидинов, А. С. Джонмуродов, Х.И. Тешаев (Х.И. Икромии), Д.Т. Бобокалонов, М.Д. Халикова, Г. Ф. Касимова, Ш. Р. Абдуллаева // Здравоохранение Таджикистана: Материалы второй Республиканской конференции «Здоровое питание – здоровая нация», с международным участием, 14 ноября 2009 года. – Душанбе, 2009. – № 3. – С. 44-49.

[70-М] Икромии Х. И. Инулин из корнеклубней топинамбура / А. И. Ашуров, А. С. Насриддинов, Х. И. Тешаев (Х. И. Икромии), А. С. Джонмуродов, К. Партоев, З. К. Мухидинов // Материалы XIV Нумановских чтений: «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», 22-ноября 2017 года. – Душанбе. – 2017. – С. 171-173.

[71-М] Икромии Х. И. Функциональные продукты на основе биополимеров / Р. С. Самадов, Х. И. Икромии, Дж. Т. Бобокалонов, З. К. Мухидинов // Материалы республиканской научно-практической конференции «Наука и техника для устойчивого развития», 28 апреля 2018 года. – Душанбе, 2018. – С. 30-34.

[72-М] Икромии Х. И. Структурные характеристики пектиновых полисахаридов подсолнечника / А. С. Джонмуродов, Д. Т. Бобокалонов, Х. И. Икромии, З. К. Мухидинов, Г. Д. Страхан // Материалы республиканской научно-практической конференции: XVI Нумановских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», 27-октября 2021 г. – Душанбе, 2021. – С. 124-127.

АННОТАЦИЯ

на автореферат диссертации Икром И Хуршеда Икром на тему «Иновационные технологические процессы получения пектинов и их пищевых композитов с белками» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 –

Процессы и аппараты пищевых производств

Ключевые слова: пектиновые полисахариды (ПП), гидролиз-экстракция, флеш-способ, степень этерификации (СЭ), молекулярная масса, динамический метод, ультрафильтрация (УФ), диаультрафильтрация (ДУФ), молочная сыворотка (МС), зеин, концентрат лактоглобулинов (LgC), гелеобразование, система доставки лекарств (СДЛ).

Цель исследования заключается в разработке новых методов гидролиз-экстракции ПП с использованием местных сырьевых ресурсов, усовершенствование способов очистки и концентрирования ПП с применением энергосберегающих технологий и создание пищевых композитов на основе комплекса пектинов с белками.

Методы исследования. Методами исследования физико-химических свойств ПП явились: титриметрические методы; метод эксклюзионной жидкостной хроматографии. Моносахаридный состав пектинов определяли методом ГЖХ. Для установления структуры ПП использовали методы ИК-Фурье и ЯМР-спектроскопии. Студнеобразующую способность пектинов определяли по методу Тарр-Бейкера, прочность пектинового студня – по Риджеллиметру. Для выделения и анализа белков использовали методы спектрофотометрии, электрофореза белков на полиакриламидных гелях и капиллярного электрофореза. Полидисперсность макромолекул белка определяли методом турбидиметрического титрования.

Полученные результаты и их новизна: Разработаны флеш- и динамические способы гидролиз-экстракции пектинов, которые позволяют сократить продолжительность процесса гидролиза, избежать чрезмерного воздействия кислот и высоких температур на состав и структуру молекулы пектина и управлять процессом с целью получения ПП с оптимальными структурными параметрами и выходом; предложена ДУФ очистка и концентрирование пектинового гидролизата; предложена программа для возможного запуска промышленного производства пектина; научно обоснованы и предложены методы выделения LgC и лактозы из МС с использованием сочетания методов центрифугирования и УФ; определены гидродинамические свойства пектинов с использованием методов вискозиметрии и лазерного светорассеяния; изучен механизм гелеобразования НМ-пектина и предложено использовать значения показателя полидисперсности (M_z/M_w), отражающего степень молекулярной агрегации, что впервые позволило определить новый фактор, влияющий на прочность студня; применено инотропное гелеобразование пектинов в присутствии двухвалентных катионов с целью разработки условий получения комплексов на основе пектина и зеина с инкапсулированными лекарствами, устойчивыми к действию среды желудка; дана оценка кинетики высвобождения лекарства – пироксикама из СДЛ в условиях, имитирующих среду ЖКТ.

Рекомендации по практическому использованию результатов. Предложенные способы – флеш-способ и динамический способ гидролиз-экстракции ПВ и разработанная система ДУФ могут быть применены для промышленного производства пектина из любого содержащего пектин сырья, полученный пектин может быть использован в различных областях пищевой промышленности и биомедицине. Разработанный селективный метод выделения LgC из МС может быть использован в технологии производства концентрата МС и других молочных продуктов. Полученные результаты по разработке гидрогелиевых микросфер с инкапсулированным лекарством и изучение кинетики высвобождения ЛВ из СДЛ позволяют судить об эффективности использования подобной системы в качестве носителей лекарственных и биологически активных веществ.

Область применения: пищевая промышленность и биомедицина.

ШАРҲИ МУХТАСАР

ба автореферати диссертатсияи Икромӣ Хуршед Икром дар мавзуи «Равандҳои технологии инноватсионии ҳосил кардани пектинҳо ва композитҳои ғизоии онҳо бо сафедаҳо» барои дарёфти дараҷаи илмӣ доктори илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисоси 05.18.12 – Равандҳо ва дастгоҳҳои истеҳсоли хӯрокворӣ

Калидвожаҳо: полисахаридҳои пектинӣ (ПП), гидролиз-экстракция, флеш-усул, дараҷаи этерификация (ДЭ), массаи молекулавӣ, ультраподолиш (УП), усули динамикӣ, диаультраподолиш (ДУП), зардоби шир (ЗШ), зеин, ғилзати лактоглобулин (LgC), гелҳосилкунӣ, композитҳо, системаи интиқоли доруворӣ (СИД).

Мақсади таҳқиқ таҳияи усулҳои нави гидролиз-экстракцияи ПП аз ашёи хоми маҳаллӣ, такмил додани усулҳои тозакунии ва ғилзатнокии ПП бо истифода аз технологияҳои каммасрафи энергия ва ҳосил кардани композитҳои ғизоӣ дар асоси комплекси пектинҳо бо сафедаҳо мебошад.

Усулҳои таҳқиқ. Усулҳои омӯзиши хосиятҳои физикӣ-кимиёвӣ ПП аз усулҳои титриметрӣ ва усули хроматографияи истисноии моеъ иборат буданд. Таркиби моносахаридҳои пектинҳо бо усули хроматографияи газу моеъ муайян карда шуд. Барои муқаррар намудани сохтори ПП усулҳои спектроскопияи ИК-Фуре ва ЯМР истифода шуданд. Қобилияти гелҳосилкунии пектинҳо бо усули Тарр-Бейкер ва устувории гели пектинӣ бо Риджелиметр муайян шуданд. Сафедаҳо бо истифода аз спектрофотометрия, электрофорези он дар гелҳои полиакриламид ва электрофорези шаър (капилляр)-ӣ ҷудо ва ташхис карда шуданд. Полидисперсияи макромолекулаҳои сафеда бо усули титронии турбидиметрӣ муайян карда шудаанд.

Натиҷаҳои бадастомада ва навоариҳои онҳо: флеш-усул ва усули динамикӣ гидролиз-экстракцияи пектинҳо таҳия шудааст, ки онҳо имконияти ихтисор кардани давомнокии раванди гидролиз, пешгирии таъсири аз ҳад зиёди кислотаҳо ва ҳарорати баланд ба таркиб ва сохтори молекулаҳои пектинро дошта, раванди мазкурро бо мақсади ба даст овардани ПП бо параметрҳои сохтории муносиб ва баромад идора мекунад; тозакунии ва ғилзаткунонии гидролизати пектин бо усули ДУП пешниҳод карда шудааст; барномаи имконпазири ба роҳ мондани истеҳсолоти саноатии пектин пешниҳод карда шудааст; усулҳои ҷудокунии LgC ва лактоза аз ЗШ дар ҳамбастагӣ бо усулҳои центрифугонӣ ва УП аз ҷиҳати илмӣ асоснок ва пешниҳод карда шудаанд; хосиятҳои гидродинамикии пектинҳо бо усули вискозиметрия ва лазерии парокандакунӣ муайян карда шудааст; механизми гелҳосилкунии КМ-пектин омӯхта шуда, пешниҳод карда шуд, ки қиммати нишондиҳандаи полидисперсионии (M_z/M_w) дараҷаи агрегатсияи молекулавиро инъикоскунанда, бори аввал ҳамчун омили нави ба устувории гел таъсиркунанда муайян карда шавад; гелҳосилкунии инотропии пектинҳо дар ҳузур катионҳои дувалента бо мақсади таҳияи шароити ҳосил кардани комплексҳо дар асоси пектин ва зеин бо доруи ғилофак кардашуда, ки ба таъсири муҳити меъдаю рӯда тобовар мебошанд, мавриди истифода қарор дода шуданд; кинетикаи ихроҷи РХ аз СИД дар шароити амсилашудаи муҳити меъдаю рӯда арзёбӣ карда шудааст.

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо. Усулҳои пешниҳодшуда – флеш-усул ва усули динамикии гидролиз-экстракцияи моддаҳои пектинӣ ва системаи таҳияшудаи ДУП метавонанд дар истеҳсоли саноатии пектин аз дилхоҳ ашёи хоми пектиндор татбиқ шаванд ва пектини ҳосилшуда метавонад дар соҳаҳои гуногуни саноати хӯрокворӣ ва биотиббӣ истифода шавад. Усули селективии таҳиягардида оид ба ҷудо кардани LgC аз ЗШ метавонад дар технологияи истеҳсоли ғилзати ЗШ ва дигар маҳсулоти ширӣ мавриди истифода қарор гирад. Натиҷаҳои ба даст овардашуда оид ба ҳосил кардани микросфераҳои гидрогелӣ бо доруи ғилофак кардашуда ва омӯзиши кинетикаи ихроҷшавии МД аз СИД имкон медиҳанд, ки самаранокии истифодаи чунин система ҳамчун интиқолдиҳандаи маводи доруворӣ ва фаъоли биологӣ арзёбӣ карда шаванд.

Соҳаи истифодабарӣ: саноати хӯрокворӣ ва биотиббӣ.

ANNOTATION

of Ikromi Khurshed Ikrom dissertation on the topic “Innovative technological processes for the production of pectins and their food composites with proteins” for the degree of Doctor of Technical Sciences in the fields of 05.18.12 – Processes and apparatus for food production

Keywords: pectic polysaccharides (PP), hydrolysis-extraction, flash method, dynamic method, degree of esterification (DE), molecular weight, ultrafiltration (UF), diaultrafiltration (DUF), whey, zein, lactoglobulin concentrate (LgC), gelation, drug delivery system (DDS).

The research aims to develop new methods for hydrolysis-extraction of PP using local raw materials, improve methods for purifying and concentrating PP using energy-saving technologies, and create food composites based on a complex of PP with proteins.

Research methods. Methods for studying PP's physical and chemical properties include titrimetric methods and size exclusion liquid chromatography (ESLC), a method for determining molecular weight; gas chromatography (GC) determines the monosaccharide composition of pectin. FTIR and NMR spectroscopy methods were used to determine the structure of PP. The jelly-forming ability of pectin was determined using the Tarr-Baker method, and the strength of pectin jelly was determined using a Ridgeline. The UV-Vis spectrophotometry, electrophoresis on polyacrylamide gels, and capillary electrophoresis were used to separate and analyze proteins. The polydispersity and molecular distribution of protein (zein) macromolecule was determined by turbidimetric titration.

The results obtained and their novelty. Flash and dynamic methods for hydrolysis-extraction of PP have been developed, which will reduce the duration of the hydrolysis process, avoid excessive exposure to acids and high temperatures on the composition and structure of the pectin molecule and control the process in order to obtain PP with optimal structural parameters and yield; proposed diaultrafiltration (DUF) purification and concentration of pectin hydrolysate; a mathematical model has been proposed for the management and run of industrial production of pectin; scientifically substantiated and proposed methods for the isolation of LgC and lactose from Whey using a combination of centrifugation and ultrafiltration methods; the hydrodynamic properties of pectins were determined using viscometry and laser light scattering (MALS) methods; the mechanism of gelation of LM pectin was studied and it was proposed to use the values of the polydispersity index (M_z/M_w), reflecting the degree of molecular aggregation, which for the first time made it possible to determine a new factor influencing the gel strength of pectin; isotropic gelation of PP in the presence of divalent cations was used in order to develop complexes based on pectin and zein with encapsulated drugs that are resistant to the action of the stomach environment; the drug release kinetics was assessed under conditions simulating the gastrointestinal tract environment.

Recommendations for the practical use of the results. The proposed flash and the dynamic methods for PP hydrolysis-extraction and the developed DUF system for its purification can be used for the industrial production of pectin from any raw material; the resulting pectin can be used in various fields of the food industry and biomedicine. The developed selective method for isolating LgC from Whey can be used in the production technology of Whey protein concentrate and other dairy products. The results obtained on developing hydrogel microspheres with encapsulated drugs and studying the kinetics of drug release from SDLs allow us to judge the effectiveness of using such a system as carriers of medicinal and biologically active substances.

Area of application: food industry and biomedicine.