

На правах рукописи

АШУРОВ АШУРБОЙ ИЛХОМБОЙЕВИЧ

**АГРЕГИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ИНУЛИНА РАЗЛИЧНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РАЗБАВЛЕННОМ И КОНЦЕН-
ТРИРОВАННОМ РАСТВОРАХ**

6D060604 – физическая химия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени доктора PhD.

Душанбе – 2023

Работа выполнена в лаборатории «Химии высокомолекулярных соединений» Института химии имени В.И. Никитина НАН Таджикистана.

Научный руководитель: **Мухидинов Зайниддин Камарович** - доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории «Химии ВМС» Института химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана

Официальные оппоненты: **Раджабов Умарали Раджабович** - доктор химических наук, профессор кафедры фармацевтической и токсикологической химии ГОУ «Таджикского государственного медицинского университета имени Абуали ибни Сино»

Аловиддинзода Рухсона Аловиддин - кандидат химических наук, заместитель директора Научно-исследовательского института ТНУ.

Ведущая организация: Технологический Университет Таджикистана

Защита диссертации состоится 01 февраля 2024 года в 10: ⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA-010 при Таджикском национальном университете по адресу 734025, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, главный корпус, зал диссовета, 2 этаж. E-mail: ikromovich80@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Таджикского национального университета (www.tnu.tj).

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 6D. KOA-010
доктор химических наук



Раджабов С.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время внимание учёных направлено на поиск и разработку способов получения природных полимеров (биополимеров) и путей их применения в пищевой, медицинской и фармацевтической отраслях.

Среди биополимеров инулин, в этом аспекте, получил большой интерес, благодаря отличным пребиотическим свойствам. Инулин это запасной полисахарид, присутствующий во многих растениях, таких как корень цикория, пшеница, спаржа, лук, чеснок, клубни георгина и топинамбур. Инулин представляет собой линейный полидисперсный фруктан (степень полимеризации (СП) – 2–60 и выше), состоящий из молекул фруктозы, связанных β (2 \rightarrow 1)-связями с остатками D-глюкозы в конце цепи.

Уникальные физико-химические свойства инулина позволяют использовать его в пищевой и фармацевтической промышленности. Создание функциональных пищевых продуктов на основе инулинсодержащего растительного сырья позволит обеспечить население функциональным питанием диабетического характера. Важным аспектом при создании рецептуры функционального пищевого продукта является точно смоделированный ингредиентный состав с заданными физико-химическими показателями инулина в них. Известно о профилактических свойствах инулинсодержащего сырья для больных диабетом II типа, продукты переработки этого сырья способны повысить иммунозащитные свойства организма человека.

Возможно, наиболее полезным свойством инулина, с медицинской точки зрения, является его присутствие во множестве различных структур молекулярной упаковки (полиморфные или изоформные). Осаждение инулина этанолом даёт β -форму, а в водном растворе при комнатной температуре или ниже он находится в форме α -инулина.

Актуальность темы подтверждается тем, что разработка технологии получения биополимеров из возобновляемых природных источников и создание новых нано- и функциональных материалов на их основе была включена в приоритетные направления научных и научно-технических исследований в Республике Таджикистан на период 2021-2025 годы. Решение данного вопроса направлено на развитие эконо-

мики, обеспечение продовольственной безопасности страны и создание функциональных пищевых продуктов.

Работа проводилась в соответствии с планом НИР Института химии им. В.И. Никитина Национальной Академии наук Таджикистана на тему: «Создание носителей лекарственных веществ и пищевых ингредиентов на основе биополимеров» (номер гос. регистрации ГР 0116ТJ 00543).

Цель работы – исследование поведения макромолекулы инулина, полученного разными методами, механизма их самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством анализа гидродинамических свойств молекулярной массы и молекулярно-массового распределения (ММР).

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- изолирование инулина из местного растительного сырья и разработка оптимального метода экстракции инулина;
- качественный и количественный анализ микро- и макроэлементов в образце инулина, полученного новым методом экстракции;
- характеристика инулина, полученного различными методами посредством ИК-Фурье спектроскопии;
- исследование поведения макромолекулы инулина, полученного двумя методами посредством анализа гидродинамических свойств и молекулярной массы в разбавленном растворе;
- исследование ММР инулина и механизма его самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах.

Объекты исследования. Для исследования использовали три образца инулина: инулин *A* - коммерческий инулин из топинамбура (Chongqing Joywin Natural Products Co Ltd., Китай), инулин *B* - полученный из корнеклубней топинамбура сорта Сарват, выращенного в Республике Таджикистан, и инулин *C* - извлеченный водной экстракцией по классической методике из корней цикория, произрастающего в г. Душанбе Республики Таджикистан.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы флэш-метод экстракции полисахарида, ИК-Фурье спектроскопия, высокоэффективная эксклюзионная жидкостная хроматография (ВЭЭЖХ), турбидиметрическое титрование,

рентгенофлуоресцентная спектроскопия и другие физико-химические методы анализа.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней впервые:

- ✓ получены новые результаты по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура;
- ✓ установлено, что сырой инулин, полученный традиционным и флэш методами (ТМ и ФМ) из местного сырья содержит примеси, такие как пектин, остатки белков и аминокислот, фенольные соединения; показано, что инулиновый экстракт также богат макро- и микроэлементами К, Mg, Са, Р, Fe и Zn и не содержит тяжёлые металлы;
- ✓ дана оценка ММР образцов инулина методами ВЭЭЖХ и турбидиметрического титрования: на основе интегральных и дифференциальных кривых ММР показано, что у образцов инулина из топинамбура присутствуют 3 макромолекулярные фракции (изоформы), которые в отдельности имеют узкое ММР;
- ✓ выдвигалась гипотеза о структурной реорганизации макромолекулы инулина при экстракции и концентрировании раствора, т.е. склонности к самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством меж- и внутримолекулярными взаимодействиями, на основе данных ММР и ИК-спектров.

Практическая значимость Разработан оптимальный способ экстракции инулина из растительного сырья. Показано, что для получения качественного инулина, предназначенного для пищевых и профилактических целей, предпочтительно использовать флэш-метод экстракции, чем традиционный метод за длительное время.

Установлено, что фракции меньшего размера инулина образуют четко определенные супрамолекулярные сборки, в то время как большие фракции собираются в аморфные агрегаты – микрогели. Эти данные будут полезными при разработке и получении материалов в области нанотехнологий и материаловедения.

Показано, что при исследовании взаимодействия макромолекул в концентрированном растворе метод турбидиметрического титрования вполне может дополнить такие дорогостоящие методы определения ММР полимеров, как ВЭЭЖХ, ультрацентрифугирование, светорассеивание и другие современные методы.

Полученные данные могут быть использованы в качестве научной основы при разработке композиционных материалов и наночастиц на основе инулина. Результаты исследований по разработке нового метода экстракции инулина и анализа физико-химических свойств внесли существенный вклад в физико-химию биополимеров и композиционных материалов на их основе.

Соответствие темы паспорту научной специальности. Основная часть диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 6D060600-Химия (6D060604 – физическая химия): Экспериментальное определение и расчет параметров строения молекул и пространственной структуры веществ; Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия; Физико-химические основы процессов химической технологии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Установление строения биополимерного и минерального состава экстрагированного инулина;
2. Получение новых результатов по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура;
3. Оценка молекулярной массы и ММР образцов инулина;
4. Защита гипотезы о структурном формировании инулина в водном растворе, посредством меж- и внутримолекулярными взаимодействиями.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием взаимодополняющих современных физико-химических методов, таких как 1D- и 2D- ЯМР и ИК-Фурье спектроскопия, 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.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на: международной конференции “Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации”, посвящ. 80-летию памяти чл.-коор. НАНТ, доктору физ.мат.наук, профессору Бобоеву Т.Б. Душанбе 2022; III междн. конференции «Развитие химической науки и области их применения», Душанбе, 2021; международной научной конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения профессора Е. В. Барковского, Минск, 21 мая 2021; XII национальной конферен-

ции с международным участием “Технологии и продукты здорового питания”, Россия, г. Саратов, 17-18 декабря 2020: международной конф. «Биотехнология: Наука и практика». Россия, Ялта, 2019 и 2017 гг.; 12-th International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds, Сентябрь 7-8, 2017 Ташкент, Узбекистан; республиканской конференции «Роль химии в развитии экономики Узбекистана», Самарканд, 2018; республиканской конференции XI – Ломоносовские чтения, 2021; XVII, XVIII и XIX Нумановские чтения, 2022, 2021 и 2017 г.

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 17 публикациях, в том числе 3 статьи в журнале международной базы «Scopus», 4 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ И РТ, 6 тезисов докладов в международных конференциях и 4 тезиса докладов в республиканских конференциях.

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

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста, включая 20 рисунка и 16 таблиц. Диссертация состоит из введения, трёх глав, выводов и библиографического списка из 261 наименований.

Ключевые слова: инулин, фазовый состав, агрегация, молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, эксклюзионная жидкостная хроматография, ИК-Фурье спектроскопия, турбидиметрическое титрование.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проанализированы литературные данные по растительной биомассе – возобновляемый источник для получения биополимеров; полисахариды-строение и источники получения; полисахариды из корнеплодов и особенно приводятся последние данные по структуре, свойствам и применению инулина и продуктов на его основе [1]. На основе анализа обзора литературы сформулированы цель и основные задачи диссертации.

Во второй главе приведены характеристики исходных веществ, методы получения водорастворимого полисахарида (инулина) и пектина, их состав и структура, методы получения и очистки инулина; количественные методы анализа инулина; ИК-Фурье спектроскопия; Определение молекулярной массы и молекулярно-массового распределения (ММР) полисахарида высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ); определение ММР полисахарида турбидиметрическим титрованием.

В третьей главе, в разделах 3.1 - 3.3 приведены данные по выделению и очистке полисахарида из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*). Экстрагирование жиро-восковых веществ и полифенольных соединений из корнеклубней топинамбура и экстракция инулина ТМ и ФМ при температурах 95°C и 120°C.

В разделе 3.3.1 приводятся результаты структурного исследования инулина, полученные тремя способами путем сравнения их ИК-Фурье спектров. Анализ ИК-Фурье спектров образцов инулина представлен на рис. 1.

Типичные полосы для этого полисахарида были обнаружены в областях: 3342-3281 cm^{-1} из-за валентных колебаний ОН, интенсивности полос поглощения, характерные для карбонильной группы в области 1640 cm^{-1} и 1393 cm^{-1} , интенсивная полоса при 1032 cm^{-1} с характерным плечом при 1134 cm^{-1} относящаяся к С-О-С вибрации пиранозного цикла.

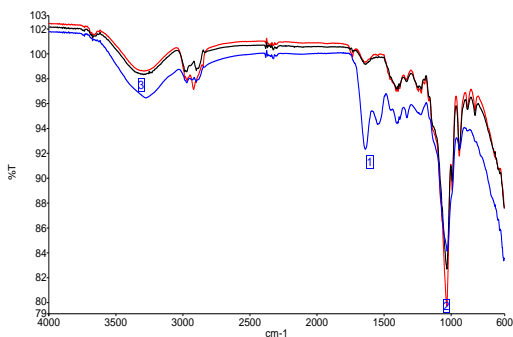


Рисунок 1. -ИК-Фурье спектры образцов инулина: (1). Инулин, полученный ТМ; (2) Инулин, полученный ФМ при 95°C; (3) Инулин, полученный ФМ при 120°C [2, 3].

Полоса при 934 см^{-1} отнесена к остатку глюкозы (-D-Glcp) в углеводной цепи, а сочетание этой полосы и пика при 1026 см^{-1} указывает на наличие ОН-групп глюкозы в инулине. Последняя, в сочетании с полосами поглощения при 876 и 818 см^{-1} подтвердила наличие 2- кетофуранозы в образце инулина, полученный ФМ. Полосы поглощений с максимумами при 934 , 876 , 818 см^{-1} типичны для β (2-1)- связей остатков фруктофуранозы, которые почти отсутствовали у инулина, полученным ТМ. Различия в ИК-спектрах не только для частот колебаний основной цепи полисахарида (С-С колебаний $900\text{-}1200\text{ см}^{-1}$, С-Н симметричные при 2850 см^{-1} и асимметричные при 2922 см^{-1} валентных колебаний пиранозного цикла), но и в интенсивности полос поглощения, характерны для карбонильной группы в области $1600\text{-}1800\text{ см}^{-1}$ говорят о полиформе инулина и степени агрегации частиц.

Таким образом, установлено, что сырой инулин, полученный ТМ и ФМ методами с последовательным осаждением спиртом или после однократной кристаллизации, содержит примеси, такие как пектин, остатки белков и аминокислот, органические кислоты, фенольные соединения и продукты их окисления, является источником углеводов и может использоваться для замены сахара и жиров. Показано, что инулиновый экстракт также богат макроэлементами и микроэлементам К, Mg, Ca, P, Fe и Zn. Применение ФМ способа позволяет получить инулинсодержащий раствор с более высокой степенью чистоты, а также с повышенным количеством синергетического компонента - пектина, значительно усиливающего положительное влияние на организм инулина, по сравнению с инулинсодержащим раствором по ТМ способу.

В разделе 3.3.2. приведены анализ молекулярной массы и гидродинамические свойства инулина. На рис. 2 показаны кривые молекулярно-массового распределения образцов инулина, полученные различными методами и режимами экстракции. Как видно из хроматограммы и кривых распределения полисахарида по молекулярной массе (ММР), у образцов, полученных при ФМ-экстракции, наблюдаются два пика. Первый небольшой пик, имеющий высокую молекулярную массу элюируется при объеме 14.5 мл, затем основная фракция поли-

сахарида - инулин вымывается из хроматографической ВЭЖХ колонки при объеме 19.5-21.0 мл (Рис. 2.)

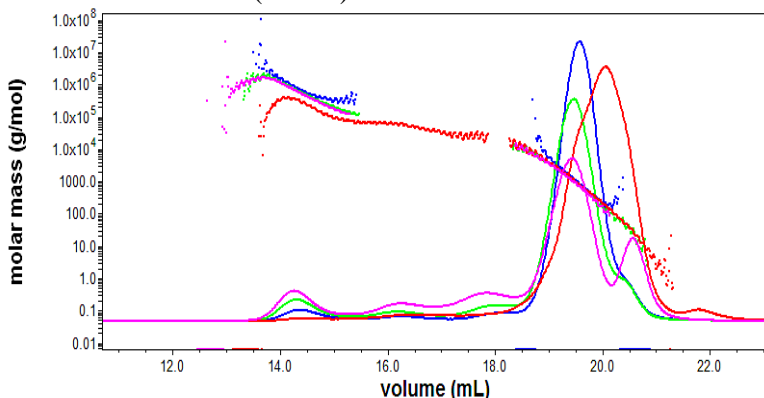


Рисунок 2. -Профиль ВЭЖХ хроматограммы и кривые молекулярно-массового распределения (ММР) экстрагированных полисахаридов из топинамбура, произведённые с применением вискозиметрического в сочетании с рефрактометрическим детекторами: (синий)-Инулин 1; (зеленый)-Инулин 2; (розовый)-Инулин 3; (красный)-Инулин ТМ [4].

Результаты анализа ВЭЖХ хроматограммы и кривых распределения ММР образцов инулина, изолированных различными методами были обработаны с помощью программы ASTRA 5.3.4.13 и приводятся в таблице 1. В таблице 1 также приведены гидродинамические параметры изученных образцов инулина сгенерированными этой программой.

Как видно из анализа полученных результатов, экстрагированный полисахарид методом ФМ (Инулин 1, Инулин 2 и Инулин 3) элюируется двумя пиками (А и В). Хотя выход из ЭЖХ колонки первой фракции (пик –А) для образцов Инулин 1, Инулин 2 и Инулина 3 небольшой (4.05%, 7.59% и 6.83), а их молекулярная масса очень высокая (1003.2 кД). В то время как выход второй фракции (основная фракция инулина) для Инулин 1 и Инулин 2 максимальная, составляет 95,47 % и 91.14%. Молекулярная масса этих фракций низкая 2.89 кД и 2.7 кД соответственно для Инулина 1 и Инулина 2.

Из данных таблицы 1 также видно, что изменение гидродинамических свойств (характеристической вязкости ($[\eta]$) и гидродинамиче-

ского радиуса $Rh(w)$) изученных полисахаридов (Инулин-1 и Инулин-2) аутентичны изменением молекулярной массы и профиля ММР. Значения $[\eta]$ и $Rh(w)$ для Инулина 1 и Инулина 2 равны 2.8 мл/г; 0.8 нм, и 3.7 мл/г; 0.9 нм соответственно. И здесь нужно отметить изменение этих параметров для Инулина-ТМ и УФ-концентрата (Инулин 3): значение M_w , $[\eta]$ и $Rh(w)$ для этого образца выше, чем у исходного образца – Инулин 2, хотя значение M_w , остаётся почти одинаковым для высокомолекулярной фракции, равной 1025.4 кДа.

Дифференциальные кривые (зависимость логарифма массовой доли полисахарида от молекулярной массы) изученных образцов ясно демонстрируют изменения в профиле распределения ММР в изученных образцах (рис.3).

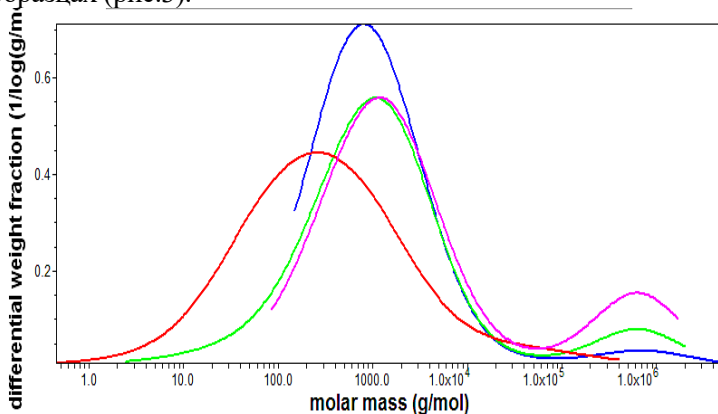


Рисунок 3. –Дифференциальные кривые (зависимость логарифма массовой доли полисахарида от молекулярной массы) экстрагированных полисахаридов из корнеклубней топинамбура, полученных с помощью программы ASTRA v 5.3.4.20 (Wyatt Technology) и Breez (Waters): (1)-Инулин 1; (2) Инулин 2; (3) Инулин 3 и (4) Инулин –ТМ [4].

На рис.4. представлены конформационные графики, произведенные с помощью программы ASTRA для образцов Инулина 2 и его концентрированной формы Инулина 3.

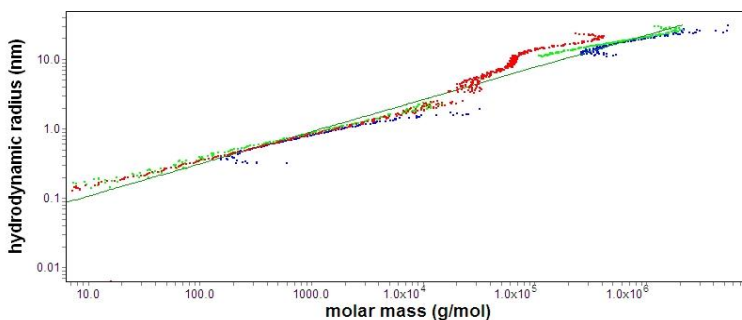


Рисунок 4. –Зависимость гидродинамического радиуса от молекулярной массы (конформационный график) для Инулина 2 ($b=0.46$) и Инулина 3 ($b=0.47$) [4].

Величина коэффициента b , определяющего конформацию макромолекулы в растворе, найденная из наклона кривой зависимости гидродинамического радиуса и молекулярной массы, имеет одинаково низкие значения для обоих Инулинов.

Таблица 1. -Данные молекулярной массы и гидродинамические свойства образцов инулина, изолированных различными методами [4].

Инулин	$t^{\circ}C$ экст.	Время экст., мин	R, %	MG %	M_w , кДа	M_w/M_n	η_w , мл/г	Rh(w) нм
Инулин 1 (А)	110	20	4.05	8.4	1173.9	1.36	49.8	17.6
Инулин 1 (В)			95.47		2.89	2.9	2.8	0,8
Инулин 2 (А)	100	20	7.59	15.2	1003.9	1.6	64.5	17,9
Инулин 2 (В)			91.14		2.7	7.9	3.7	0,9
Инулин 3 (А)	100	20	6.83	34.0	1025.4	1.5	70.1	18.6
Инулин 3 (В)			39.36		3.4	3.2	4.0	1.0
Инулин ТМ	80	30	85.2	9.1	1.49	69.8	1.3	0.5

Найденные средние значения коэффициента b для смеси

экстрагированных инулинов, показывают на конформацию случайных клубков с вытянутой формой, ввиду их высокой агрегации, на что указывают высокие значения агрегированных микрогелей (табл.1).

Раздел 3.3.3 посвящен самоагрегирующим свойствам инулина. Инулин также богат гидроксильными группами, которые способны принимать участие в супрамолекулярных взаимодействиях, в частности, через водородные связи. Эти взаимодействия могут быть как межмолекулярными, так и внутримолекулярными, хотя моделирование структуры инулина на основе рентгеноструктурного анализа твердой формы предполагает, что кристаллический инулин имеет только межмолекулярные водородные связи между цепями. В этом контексте гелеобразование инулина описывается как гель-частицы, в которых трехмерные сети образуют агрегированные коллоидные частицы инулина.

Из полученных, нами, результатов (дифференциальные кривые ММР-рис. 3 и конформационный график – рис. 4) кажется вероятным, что некоторая значительная самоорганизация начинается с низкомолекулярных фракций инулина, которые, как предполагается, благоприятствуют циклической или спиральной конформации. Олигомеры с СП 6-8 имеют организованные, хотя и менее четко определенные конформации, и это изменение в структуре отвечает за необычную последовательность хроматографического элюирования в этом диапазоне СП. Исследование свойств этих уникальных по структуре инулинов может значительно расширить спектр их применения.

Для исследования использовали три образца инулина: Инулин А – инулин из топинамбура (Chongqing Joywin Natural Products Co Ltd., Китай), Инулин В, полученный из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*) местного сорта и Инулин С- получен из корней цикория (*Cichorium*) водной экстракцией по классической методике.

Турбидиметрическое титрование проводили на лабораторном турбидиметре 2100 AN IS (HACH, USA) при температуре 20±0.3 °С. В начале проводили предварительное грубое титрование: 30 мл раствора инулина с концентрацией 0.96% помещали на магнитную мешалку Variomag (Thermo Scientific, США) и при перемешивании титровали раствором 96% спирта до появления еле заметного помутнения. Замеряли объем осадителя, израсходованного на грубое титрование.

Далее проводили точное титрование. Для этого в стаканчик

наливали исходный раствор инулина, соответствующий приблизительно объему измерительной ячейки, ставили на магнитную мешалку и при непрерывном перемешивании добавляли определенное количество осадителя – 96% этанол.

Таблица 2. -Результаты турбидиметрического титрования раствора инулина А, С=0.99% [5].

№	V, мл	$Y=V/V_0$ V	ΔY	1-Y	T.NTU	T1=T- T0	T2=T1/1- Y	$\Delta T2$	$\Delta T2/\Delta Y$
1	1	0,032		0,968	2,25	0,9	0,88		
2	2	0,063	0,030	0,938	2,05	0,7	0,69	0,19	-6,117
3	5	0,143	0,080	0,857	1,65	0,3	0,29	0,40	-4,999
4	7	0,189	0,046	0,811	1,76	0,4	0,44	0,15	3,288
5	9	0,231	0,042	0,769	1,45	0,1	0,07	0,38	-9,115
6	11	0,268	0,038	0,732	1,50	0,1	0,14	0,07	1,910
7	13	0,302	0,034	0,698	1,60	0,2	0,29	0,15	4,408
8	14	0,318	0,016	0,682	1,82	0,4	0,62	0,33	20,770
9	15	0,333	0,031	0,667	1,67	0,3	0,41	0,12	3,816
10	17	0,362	0,028	0,638	1,48	0,1	0,13	0,28	-9,858
11	19	0,388	0,026	0,612	1,62	0,2	0,36	0,23	8,982
12	24	0,444	0,057	0,556	2,20	0,8	1,44	1,08	19,063
13	26	0,464	0,020	0,536	2,90	1,5	2,80	1,36	68,544
14	28	0,483	0,018	0,517	2,44	1,0	2,01	0,79	-42,729
15	30	0,500	0,017	0,500	2,47	1,1	2,14	0,13	7,501
16	35	0,538	0,038	0,462	2,67	1,3	2,75	0,61	15,903
17	40	0,571	0,033	0,429	3,08	1,7	3,92	1,17	35,439
18	45	0,600	0,029	0,400	4,40	3,0	7,50	3,58	125,300

После каждой порции осадителя переливали содержимое стаканчика в стандартный герметичный сосуд, который помещали в измерительную ячейку турбидиметра и определяли мутность в NTU. Отсчеты производили при добавлении осадителя до тех пор, пока мутность раствора не перестала изменяться (табл.2).

В табл. 2 в качестве примера приведены данные турбидиметрического титрования растворов инулина и расчет параметров для построения интегральных и дифференциальных кривых молекулярно-массового распределения образцов инулина (где V – объем добавленного осадителя; T – мутность раствора полимера; T_0 – мутность прозрачного раствора полимера, равная 1.55 NTU; V_0 - начальный объем раствора полимера, равный 35.23 мл; γ - объемная доля осадителя; T_1 – мутность, обусловленная выделенным полимером; T_2 – мутность с поправкой на разбавление раствора).

Дифференциальные кривые турбидиметрического титрования образцов инулина А приведены на рисунках 5 и 6.

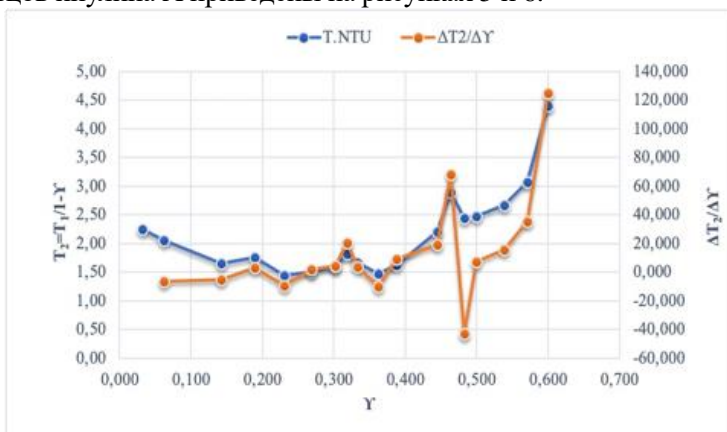


Рисунок 5. -Интегральная (T_2) и дифференциальная ($\Delta T_2 / \Delta \gamma$) кривые турбидиметрического титрования раствора инулина А (концентрация инулина 0.99%) [5].

Как видно из рис. 5, кривая зависимости мутности раствора инулина от объемной доли осадителя (интегральная кривая турбидиметрического титрования) имеет пологую форму, что указывает на широкое ММР макромолекул инулина А. В то время у интегральной кривой турбидиметрического титрования образцов как инулина А, так и ину-

лина В (рис.6) наблюдаются два максимума, что указывает на бимодальное и широкое молекулярно-массовое распределение макромолекул образцов инулина из корнеклубней топинамбура.

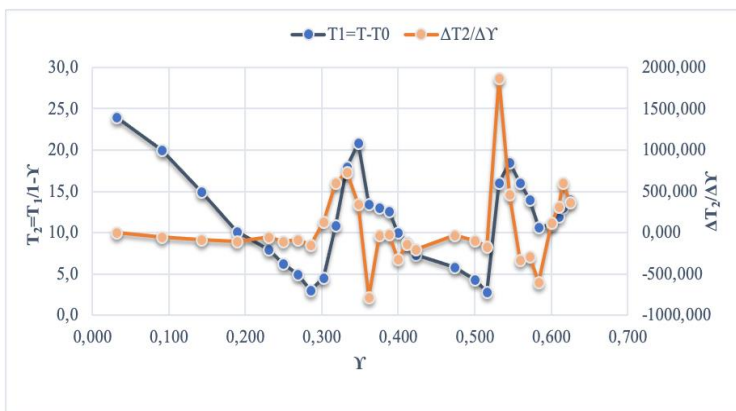


Рисунок 6. -Интегральная (T₂) и дифференциальная (ΔT₂/ΔΥ) кривые турбидиметрического титрования раствора инулина В (концентрация инулина 0.95%) [5].

По дифференциальным кривым турбидиметрического титрования образцов инулина А (рис. 5) и В (рис.6) можно выявить, что у обоих образцов присутствуют три макромолекулярные фракции (изоформы), которые в отдельности имеют узкое молекулярно-массовое распределение.

Поскольку в обоих образцах инулина наблюдались и небольшие пики в профиле кривых дифференциального турбидиметрического титрования (далее кривые ММР) было принято решение увеличить концентрацию инулина в исходном растворе.

Как и видно из профиля кривых ММР инулинов, представленных на рис. 7 и 8 чётко видны 4 пика, указывающие на образование четырёх молекулярных изоформ макромолекулы инулина с увеличением его концентрации.

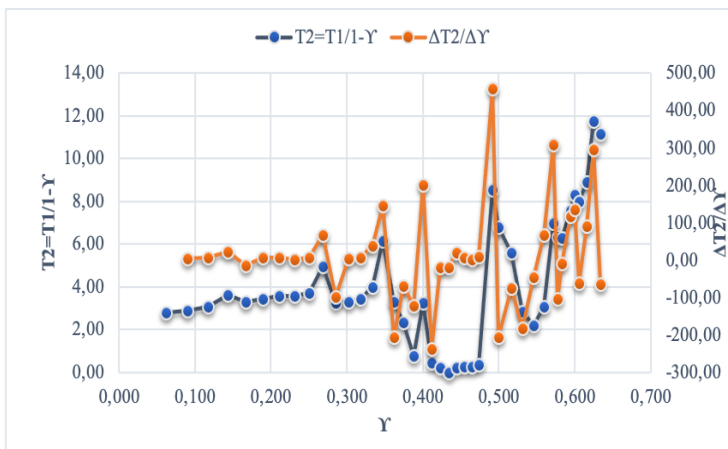


Рисунок 7. -Интегральная (T_2) и дифференциальная ($\Delta T_2/\Delta Y$) кривые турбидиметрического титрования раствора инулина А (концентрация инулина 1.47 %) [5].

Из анализа кривых ММР предполагается, что первый небольшой пик, при объемной доле осадителя 0.15-0.20, во всех образцах инулина относится к высокомолекулярной фракции полисахарида и скорее к пектину.

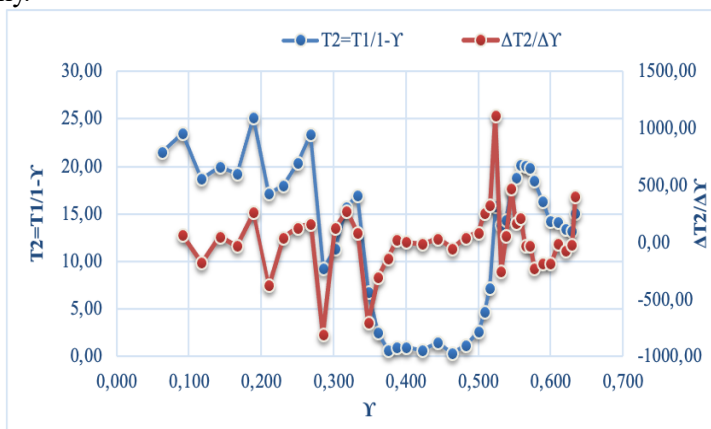


Рисунок 8. -Интегральная (T_2) и дифференциальная ($\Delta T_2/\Delta Y$) кривые турбидиметрического титрования раствора инулина В (концентрация инулина 1.43 %) [5].

Для более точной оценки изменения мутности от объемной доли осадителя мы привели значения остальных максимумов (кроме начального пика) на кривых турбидиметрического титрования инулина А и инулина В при двух изученных концентрациях в табл. 3 – 5.

Как и ожидалось, в корреляции с увеличением концентрации происходит самоорганизация макромолекул, что приводит к более мутному раствору в точке максимума (рис. 7 и табл. 4) и появлению новых изоформ. Более того, было обнаружено, что полученные агрегаты более коллоидные (по значению $\Delta T_2/\Delta Y$) при более высокой начальной концентрации раствора, что также влияет на конечную морфологию макромолекулы.

Однако из анализа значений параметров в зависимости от объемной доли осадителя для инулина В наблюдается иная картина. С увеличением концентрации происходит уменьшение мутности вблизи максимумов (см. пик 3 и 5, табл 3-5), значение T_2 заметно уменьшается для пиков 3 и 5 (20.9–17.3 NTU и 34.0–16.5 NTU соответственно). Это говорит о том, что с увеличением концентрации полимера, если в инулине А происходит рост агрегатов для изоформы 3 и 5, то в инулине В это происходит в обратном направлении, то есть растворение агрегатов и превращение изоформ с высокой молярной массой в таковых с низкими молекулярными массами.

Как видно из значения параметров мутности (табл.5) в образце инулина С все четыре изоформы инулина четко выделяются. Особенно, значение параметров мутности последняя низкомолекулярная фракция инулина превышает таковым параметрам для инулина А в 40 и инулина В в 10 раз.

Изоформы инулина составляют возрастающую серию в последовательности β - α - γ - δ , в которой более низкие изоформы превращаются в более высокие при определённых температурах, и все высшие изоформы могут быть возвращены в более низкие путем полного растворения и перекристаллизации. В данном случае последовательность изоформ (β - α - γ - δ) соответствует максимумам 2-5 в обратном порядке (т.е. 5-4-3-2) в кривых ММР изученных образцах инулина.

Таким образом, новые структуры образуются за счет обратимого связывания посредством водородных связей спиртовых групп, а не ковалентными связями, и более высокие изоформы имеют более высокое

среднее значение молярной массы [157-160].

Из полученных результатов анализа ММР методом высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографии (ВЭЭЖХ) был сделан вывод о самоагрегирующих свойствах этого биополимера. Как показали профили кривых ВЭЭЖХ образца инулина В, в очень разбавленном растворе (0.002%) имеются две изоформы: низкомолекулярный инулин и высокомолекулярный агрегат, который представляет собой изоформы β и δ . При их разделении на УФ-мембране в растворе ретентата формировались скорее и другие изоформы (α , γ и δ), при чём образовывалось большое количество высокоагрегированных нерастворимых в воде микрогелей. В то время как инулин, полученный ТМ способом показал себя как макромолекулу с одной изоформой, но с высокой степенью полидисперсности.

Таким образом, инулин, неразветвленный олигосахарид с молекулярной массой от 1200 Да до 120 000 Да (СП 2-60 и выше), был исследован на его склонность к самоорганизации в концентрированном растворе, путем определения его молекулярно-массового распределения методом турбидиметрического титрования. Эти взаимодействия могут быть как межмолекулярными, так и внутримолекулярными, хотя моделирование структуры инулина на основе рентгеноструктурного анализа твердой формы предполагает, что кристаллический инулин имеет только межмолекулярные водородные связи между цепями. В этом контексте гелеобразование инулина описывается как гель-частицы, в которых трёхмерные сети образуют агрегированные коллоидные частицы инулина.

Показано, что инулин цикория со средней молекулярной массой 4.468 кДа может самоорганизовываться в водной среде, как и многие блочные и графт-сополимеры, демонстрирующие критическую концентрацию агрегации. Он образует мягкие глобулярные супрамолекулярные сборки в водной среде. Не агрегированные инулиновые мономеры также предполагают глобулярную геометрию.

В главе 4 даются некоторые рекомендации по применению полисахаридов из корнеклубней растений, произрастающих в Таджикистане. В нашей республике растёт множество корнеплодов (картофель, топинамбур, цикорий, алтей, различные виды лука, эремурус и др.), растений с высоким содержанием запасных полисахаридов (сельдерей, подорожник, одуванчик, ревен, бадьяна и др.) и защитных полисахаридов - пектин, камедь и слизь (фрукты и овощи). Эти богатые сырьевые источники позволяют развить технологии производства и исследовать применение полученных продуктов, организовать производство профилактических продуктов и биотопливо.

Кроме того, модификация натуральных пищевых компонентов физическими, химическими и ферментативными средствами направлена на получение материалов с превосходными функциональными свойствами, а также позволит разработать рецептуры для приготовления функционального пищевого продукта с антидиабетическими свойствами, что несомненно, вносит весомый вклад в экономику республики.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что сырой инулин, полученный традиционным и флэш методами (ТМ и ФМ) из местного сырья содержит примеси, такие как пектин, фенольные соединения, остатки белков и аминокислот; показано, что инулиновый экстракт также богат макро- и микроэлементами такими как К, Mg, Ca, P, Fe и Zn и не содержит тяжёлые металлы; получены новые результаты по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура [2-А, 6-А].
2. Дана оценка ММР образцов инулина методами ВЭЭЖХ и турбидиметрического титрования: на основе интегральных и дифференциальных кривых ММР показано, что у образцов инулина из топинамбура присутствуют 3 макромолекулярные фракции (изо- формы), которые в отдельности имеют узкое ММР, на основе этих данных разработан оптимальный способ экстракции инулина из растительного сырья [4-А, 5-А].
3. Представлена гипотеза, о структурной реорганизации макромолекулы инулина при экстракции и концентрировании раствора, т.е. склонности к самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством меж- и

внутримолекулярными взаимодействиями, на основе данных ММР и ИК-спектров [3-А, 5-А].

4. Установлено, что фракции меньшего размера инулина образуют четко определенные супрамолекулярные сборки, в то время как большие фракции собираются в аморфные агрегаты – микрогели. Эти данные будут полезными при разработке и получении материалов в области нанотехнологий и материаловедения [4-А, 5-А].
5. Показано, что при исследовании взаимодействия макромолекул в концентрированном растворе метод турбидиметрического титрования вполне может дополнить такие дорогостоящие методы определения ММР полимеров, как ВЭЭЖХ, ультрацентрифугирование, светорассеивание и другие современные методы [4-А, 5-А].
6. Полученные данные могут быть использованы в качестве научной основы при разработке композиционных материалов и наночастиц на основе инулина. Результаты исследований по разработке нового метода экстракции инулина и анализа физико-химических свойств внесут существенный вклад в физико-химию биополимеров и композиционных материалов на их основе [1-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Инулин используется в пищевой и фармацевтической промышленности и все чаще используется в качестве функционального пищевого ингредиента благодаря своим уникальным физиологическим свойствам создавая оптимальные условия для роста и развития нормальной кишечной микробиоты

Предстоящие задачи на пути внедрения результатов диссертационной работы будут охватывать различные области применения инулина и других полисахаридов, такие как улучшение физических свойств компонентов пищи, исследования биологической активности и применение их как ингредиентов в новых функциональных пищевых продуктах.

В нашей республике растёт множество корнеплодов (картофель, клубни топинамбура, цикорий, алтей, различные виды лука, сельдерей, подорожник, одуванчик, ревень, бадьяна и др.), растений с высоким содержанием запасных полисахаридов типа

инулина. Эти богатые сырьевые источники позволяют развить технологии производства и исследовать применение полученных продуктов, организовать производство профилактических продуктов и биотопливо. Данная работа предлагает теоретическую основу и пути для изучения механизма биоактивности полисахаридов и их применения в пищевой и фармацевтической промышленности, что несомненно вносить весомый вклад в экономику республики.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

I. Статьи в рецензируемых журналах

[1-А]. **Ашуров, А. И.** Полисахариды из корнеклубней: выделение, свойства и применение/ **А.И. Ашуров** // Вестник филиала МГУ им М. В. Ломоносова в г. Душанбе. – 2022. – № 4(1). – С. 42-54.

[2-А]. **Ашуров, А.И.** Интенсификация процесса получения полисахаридов из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*) / **А.И. Ашуров**, А.С. Джонмуродов, З.К. Мухидинов, С.Р. Усманова, К. Партоев // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. – 2019. – № 3. – С. 208-213.

[3-А]. **Ашуров, А.И.** Характеристика полисахаридов из корней Эремуруса Гиссарского (*Eremurus hissaricus*) методом ИК-Фурье спектроскопии / **А.И. Ашуров**, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, Ш.Е. Холов, З.К. Мухидинов // Изв. Вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021. – №11(2). – Р. 281-289. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-281-289>.

[4-А]. **Ашуров, А.И.** Самоагрегирующие свойства инулина, полученные различными методами / А.С. Насриддинов, **А.И. Ашуров**, Ш.Ё. Холов, И.Б. Исмоилов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Изв. Вузов Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 38–49. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-1-38-49>.

[5-А]. **Ашуров, А.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 // Изв. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 279–290. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-279-290>.

[6-А]. Ашуров, А.И. Полисахариды из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*) / **А.И. Ашуров**, А.С. Джонмуродов, Мухидинов З.К., С.Р. Усманова, К. Партоев // Актуальная биотехнология. – 2019. – №3 (30). – С. 685-687.

[7-А]. Ашуров, А.И. Биологически активные компоненты корнеклубней эремуруса гиссарского (*E. hissaricus*) / **А.И. Ашуров**, С.Р. Усманова, Мухидинов З.К., Л.Ш. Лиу // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – №1 (361). – С. 35-38.

II. Статьи и тезисы в сборниках конференций

[8-А]. Ашуров, А.И. Полисахариды из Эремуруса Гиссарского (*Eremurus Hissaricus*). **А.И. Ашуров**, С.Р. Усманова, Султонмамад Г., Сафаров Е, Мухидинов З.К. // Актуальная биотехнология. – 2017. – №2 (21). – С.235-237.

[9-А]. Ашуров, А.И. Влияние процесса экстракции и концентрирования на выход и структуру инулина из топинамбура (*helianthus tuberosus*) / **Ашуров А.И.**, Джонмуродов А.С, Усманова С.Р., Насриддинов А.С., Мухидинов З.К. // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2022. – Т. 1. – № 1 (21). – С. 38-45

[10-А]. Ашуров, А.И. Исследование молекулярно-массового распределения инулина различного происхождения методом турбидиметрического титрования./ **Ашуров А.И.**, Шерова З.У., Насриддинов А.С., Усманова С.Р. Мухидинов З.К. // Материалы межд. конф. на тему “Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации”, посвя. 80-летию памяти чл.коор. НАНТ, доктора физ.мат.наук, прфессора Бобоева Т.Б., Душанбе. – 2022. – С. 196-199.

[11-А]. Ашуров, А.И. Строение водорастворимого полисахарида Эремуруса гиссарского (*Eremurus Hissaricus*) / И.Б.Исмоилов, **А.И.**

Ашуров, Дж.Т. Бобокалонов, З.К.Мухидинов, А.Hotchkiss. // XVII Нумановские чтения “Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук.”, Душанбе. – 2022. – С. 169-172.

[12-А]. **Ашуров, А.И.** Получение полисахарида инулина из корнеклубней топинамбура (*helianthus tuberosus*) инновационным способом (флэш-методом) и исследование его физико-химических характеристик. / **И.А Ашуров.**, А.С.Джонмуродов, С.Р.Усманова, К. Партооев З.К. Мухидинов. // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI-Нумановских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября – 2021. – С.114-117.

[13-А]. **Ашуров, А.И.** Анализ ИК-Фурье спектров олигосахаридов из растения *E. hissaricus*, выращенных в разных условиях Таджикистана. / **И.А.Ашуров,** С.Гулмамад, А.С Джонмуродов., С.Р Усманова., З.К.Мухидинов. // Тезисы докладов участников Международной научной конференции, (Минск, 21 мая 2021 г.) – С. 29-30.

[14-А]. **Ашуров, А.И.** Характеристика олигосахаридов из растений *E. hissaricus* ИК- спектроскопией / **А.И. Ашуров,** Ш.Р. Алиева, З.К. Мухидинов. // Материалы научно-практической конф. «XI Ломоносовские чтения» посвящённой 30-летию Государственной независимости Респ. Таджикистан. Душанбе 29-30 апреля – 2021. – С.38-42.

[15-А]. **Ашуров, А.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. Технологии и продукты здорового питания: сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общей ред. Неповинных Н.В., Поповой О.М., Фатьянова Е.В. – Саратов: СГАУ. – 2021. – С. 581-585.

[16-А]. **Ашуров, А.И.** Инновационные процессы получения биополимеров из сельскохозяйственных отходов и их применение / И.Б. Исмаилов, **А.И. Ашуров,** З.У. Шерова, Т.С. Маликов, С.Р. Усманова, З.К.

Мухидинов// Респ. конференция «Роль химии в развитие экономики Узбекистана», Самарканд, 24-25 мая – 2018. – Ч. 2. – С. 4-5.

[17-А]. **Ашуров, А.И.** Bioactive components of the *Eremurus hissaricus*. / Usmanova S.R., **Ashurov A.**, Jonmurodov A.S., Muhidinov Z.K// Polysaccharide characterization.XII International Symposium " Actual problems of chemistry, biology and technology of natural compounds" (September 7-8, 2017 Tashkent). –P. 378.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ММР- молекулярно-массового распределения

ВЭЖХ- высокоэффективная эксклюзионная жидкостная хроматография

ТМ- традиционным методам

ФМ- флэш методам

НАНТ- Национальной академии наук Таджикистан

УФ- ультрафильтрационная мембрана

ВДРФ- высокотехнологичном волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном

ЭЖХ- эксклюзионной жидкостной хроматографии

NTU – нефелометрическая единица

Бо ҳуқуқи дастнавис

АШУРОВ АШУРБОЙ ИЛХОМБОЙЕВИЧ

**ХУСУСИЯТҲОИ АГРЕГАТИИ ИНУЛИНИ ПАЙДОИШИ
ГУНОГУН ДАР МАҲЛУҲОИ ОМЕХТАШУДА ВА КОН-
СЕНТРАТСИЯШУДА**

6D060604– кимиёи физикӣ

АВТОРЕФЕРАТ

Рисолаи илмӣ барои дарёфти унвони илмии доктори Ph.D.

Душанбе – 2023

Кор дар озмоишгоҳи "Кимиёи пайвастиҳои баландмолекулярӣ" - и Институти кимиёи ба номи В. И. Никитини АМИТ иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ: **Муҳидинов Зайниддин Қамарович** - доктори илмҳои кимиё, профессор, ходими пешбари илми озмоишгоҳи "Кимиёи ПБМ"-и Институти кимиёи ба номи В. И. Никитини АМИ Тоҷикистон

Муқарризони расмӣ: **Раҷабов Умаралӣ Раҷабович** - доктори илмҳои кимиё, профессори кафедраи кимиёи фармасевтӣ ва токсикологии Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абуали ибни Сино

Аловиқдинзода Рухшона Аловиқдин - номзади илмҳои кимиё, чонишини директори Институти илми-тадқиқотии ДМТ.

Муассисаи пешбар: Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия 01 феввали соли 2024, соати 10:00 дар ҷаласаи шурои диссертатсионии 6D.КOA-010-и назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон баргузор мегардад. Суроға: 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рудақӣ, 17 Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, бинои асосӣ, толори шурои диссертатсионӣ, ошёнаи 2. E-mail: ikromovich80@mail.ru

Бо рисолаи илмӣ дар китобхонаи илмӣ ва дар сомонаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон (www.tnu.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат « _____ » _____ соли 2023 фириастода шуд.

Котиби илмии
Шӯрои диссертатсионии 6D. КOA-010
доктори илмҳои кимиё



Раҷабов С.И.

ТАВСИФИ УМУМИИ ҚОР

Аҳамияти мавзӯ. Дар айни замон таваҷҷӯҳи олимон ба ҷустуҷӯ ва таҳияи усулҳои ба даст овардани полимерҳои табиӣ (биополимерҳо) ва роҳҳои истифодаи онҳо дар соҳаҳои ҳӯрокворӣ, тиб ва дорусозӣ равона карда шудааст.

Дар байни биополимерҳо, инулин, дар ин ҷихат, ба шарофати хосиятҳои аълои пребиотикӣ таваҷҷӯҳи бештарро ба худ ҷалб кард. Инулин - полисахариди захиравӣ мебошад, ки дар бисёр растаниҳо, ба монанди решаи сикорӣ, гандум, морҷӯба, пиёз, сирпиёз, лӯндаи гули маҳмудӣ ва ноки заминӣ мавҷуд аст. Инулин фруктани хаттии полидисперсӣ (дараҷаи полимеризатсия (СП)-2-60 ва баландтар) мебошад, ки аз молекулаҳои фруктоза иборат аст, ки бо β (2 \rightarrow 1)-пайвандҳо бо боқимондаҳои D-глюкоза дар охири занҷир пайваस्त шудаанд.

Хусусиятҳои беназири физикию кимиёвии инулин имкон медиҳанд, ки он дар саноати ҳӯрокворӣ ва дорусозӣ истифода бурда шавад. Эҷоди маҳсулоти функционалии ҳӯрокворӣ дар асоси ашёи хоми растани инулиндор имкон медиҳад, ки аҳоли бо ғизои функционалии дорой хусусияти диабетикӣ таъмин карда шавад. Ҷиҳати муҳим ҳангоми эҷоди дастурамали функционалии маҳсулоти ғизоӣ таркиби компонентии дақиқ моделишуда бо нишондиҳандаҳои физикию кимиёвии инулин дар онҳо мебошад. Ашёи хоми дорой инулин барои беморони диабетии навъи II хусусиятҳои пешгирикунанда дорад, маҳсулоти коркарди ин ашёи хом қобилияти баланд бардоштани хосиятҳои муҳофизати иммунии организми инсонро доранд.

Эҳтимолан, хусусияти бештар муфиди инулин, аз нуқтаи назари тиббӣ, мавҷудияти он дар бисёр сохторҳои гуногуни бастабандии молекулавӣ (полиморфӣ ё изошакл) мебошад. Таҳшинкунии инсулин бо этанол шакли β -ро медиҳад ва дар маҳлули обӣ дар ҳарорати хонагӣ ё пасттар аз он дар шакли α -инулин қарор дорад.

Аҳамияти мавзӯ бо он тасдиқ карда мешавад, ки таҳияи технологияи ба даст овардани биополимерҳо аз сарчашмаҳои табиӣ барқароршаванда ва эҷоди маводи нави нано ва функционалӣ дар асоси онҳо ба самтҳои афзалиятноки таҳқиқоти илмӣ ва илмӣ - техникӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи солҳои 2021-2025 дохил карда шудааст. Ҳалли ин масъала ба рушди иқтисодиёт, таъмини амнияти

озукавории кишвар ва эҷоди маҳсулоти функционалии хӯрокворӣ ра-
вона шудааст.

Кор тибқи нақшаи Институти кимиёи ба номи А. Никитини Академияи Миллии Илмҳои Тоҷикистон Дар мавзӯи: "Эҷоди ҳомили-
ни моддаҳои доруворӣ ва маводи ташкилдихандаи ғизо дар асоси био-
полимерҳо" (рақами давлатии бақайдгирӣ ГР 0116ТJ 00543) гузарони-
да шуд.

Ҳадафи кор – таҳқиқи рафтори макромолекулаи инулин, ки бо
усулҳои гуногун ба даст оварда шудааст, механизми худташкили онҳо
дар маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда тавассути таҳлили
хосиятҳои гидродинамикии вазни молекулавӣ ва тақсимо-
ти молекулавӣ-массавӣ (ТММ).

Барои ноил шудан ба ҳадафи гузошташуда вазифаҳои зерин
таҳия ва ҳал карда шуданд:

- чӯдосозии инулин аз ашёи хоми растани маҳаллӣ ва таҳияи
усули беҳинаи истихроҷи инулин;
- таҳлили сифатӣ ва миқдорӣ микро-ва макроанализҳо дар наму-
наи инулин, ки бо усули нави истихроҷ ба даст оварда шудааст;
- тавсифи инулин, ки бо усулҳои гуногун тавассути спектроско-
пияи ИК-Фурье ба даст оварда шудааст;
- таҳқиқи рафтори макромолекулаи инулин, ки бо ду усул тавассу-
ти таҳлили хосиятҳои гидродинамикӣ ва вазни молекулавӣ дар
маҳлули омехташуда ба даст оварда шудааст;
- таҳқиқи ТММ - и инулин ва механизми худташкили он дар
маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда;

Объектҳои пажӯҳиш. Барои пажӯҳиш се намунаи инулин
истифода шудааст: Инулини *A* - инулини тичоратӣ аз ноки заминӣ
(топинамбур) (Chongqing Joywin Natural Products Co Ltd., Чин),
инулини *B* - аз лӯндаҳои решагунаи ноки заминӣ навъи Сарват
ҳосилшуда, ки дар Ҷумҳурии Тоҷикистон парвариш карда мешавад,
ва инулини *C* - бо истихроҷи обӣ бо усули классикӣ аз решаҳои
сикорӣ, ки дар шаҳри Душанбеи Ҷумҳурии Тоҷикистон мерӯяд,
ҳосилшуда.

Методҳои пажӯҳиш. Дар қори диссертатсионӣ усули флеш-
истихроҷи полисахарид, спектроскопияи ИК-Фурье, хроматографияи
моеъии эксклюзионии баландсамар (ХМЭБ), титркунии

турбидиметриқӣ, спектроскопияи рентгенофлуоресентӣ ва дигар усулҳои физикию химиявии таҳлил истифода шудаанд.

Навовариҳои илмӣ дар он аст, ки он бори аввал:

- ✓ натиҷаҳои нав аз рӯи параметрҳои сохторӣ ва молекулавӣ инулин аз беҳмеваи ноки заминӣ ба даст оварда шуданд;
- ✓ муайян карда шуд, ки инулини хом, ки бо усулҳои анъанавӣ ва флеш (УА ва УФ) аз ашёи хоми маҳаллӣ ба даст оварда шудааст, дорои омехтаҳои ба монанди пектин, боқимондаҳои сафедаҳои аминокислотаҳои пайвастаҳои фенол мебошад; нишон дода шудааст, ки афшураи инулин инчунин бо макро-ва микроэлементҳои К, Mg, Са, Р, Fe ва Zn бой аст ва металлҳои вазнин надорад;
- ✓ арзёбии ТММ - и намунаҳои инулин бо усулҳои ХМЭБ ва турбидиметриқӣ гузаронида шуд: дар асоси қачҳои интегралӣ ва дифференсиалии ТММ нишон дода шуд, ки дар намунаҳои инулин аз ноки заминӣ 3 фраксияи макромолекулярӣ (изо шакл) мавҷуданд, ки алоҳида ТММ-и танг доранд;
- ✓ фарзия дар бораи азнавташкилдихии сохтори макромолекулаи инулин ҳангоми истихроҷ ва концентратсияи маҳлул, яъне майл ба худташкилдихӣ дар маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда тавассути таъсири мутақобилаи байнимолекулӣ ва дохилмолекулаӣ, дар асоси маълумоти ТММ ва спектрҳои инфрасурх пешниҳод карда шуд.

Аҳамияти амалии рисолаи илмӣ. Усули беҳнаи истихроҷи инулин аз ашёи хоми растанӣ таҳия карда шуд. Нишон дода шуд, ки барои ба даст овардани инулини босифат, ки барои мақсадҳои ғизоӣ ва пешгирикунандаи пешбинӣ шудааст, истифодаи усули истихроҷи флеш нисбат ба усули анъанавӣ дарозмуддат афзалтар аст.

Муқаррар карда шуд, ки фраксияҳои хурдтари инулин маҷмӯаҳои супрамолекулавӣ дақиқ муайяншударо ташкил медиҳанд, дар ҳоле ки фраксияҳои калон дар агрегатҳои аморфӣ микрогелҳо чамъ мешаванд. Ин маълумот дар таҳия ва ба даст овардани мавод дар соҳаи нанотехнология ва маводшиносӣ муфид хоҳад буд.

Нишон дода шуд, ки дар таҳқиқоти таъсири мутақобилаи макромолекулаҳо дар маҳлули концентратсияшуда усули титркунии турбидиметриќи метавонад ба таври комил усулҳои гаранбаҳои муайян кардани полимерҳои ТММ, ба монанди ХМЭБ, фаромиёнгурезонӣ (ультрацентрифугирование), нурпошӣ ва дигар усулҳои муосирро пурра кунад.

Маълумоти гирифташуда метавонад ҳамчун асоси илмӣ дар таҳияи маводи композитсионӣ ва нанозарраҳо дар асоси инулин истифода шавад. Натиҷаҳои таҳқиқот оид ба таҳияи усули нави истихроҷи инулин ва таҳлили хосиятҳои физикию химиявӣ ба физика-химияи биополимерҳо ва маводҳои композитсионӣ дар асоси онҳо саҳми назаррас гузошанд.

Мутобиќати мавзӯ ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Қисми асосии таҳқиқоти диссертатсионӣ ба шиносномаи ихтисоси 6D060600 химияи физикӣ мувофиќат мекунад: Муайянкунии таҷрибавӣ ва ҳисоб кардани параметрҳои сохтори молекулаҳо ва сохтори фазоии моддаҳо; Назарияи маҳлулҳо, таъсири мутақобилаи байни-молекулавӣ ва байнизарравӣ; Асосҳои физикию химиявии равандҳои технологияи химиявӣ.

Ҳолатҳои асосии барои ҳифз пешниҳодшаванда:

1. Муқаррар кардани сохтори таркиби биополимерӣ ва минералии инулини истихроҷшуда;
2. Ба даст овардани натиҷаҳои нав аз рӯи параметрҳои сохторӣ ва молекулавии инулин аз беҳмеваи ноки заминӣ;
3. Арзёбии массаи молекулавӣ ва ТММ – и намунаҳои инулин;
4. Ҳимояи фарзия дар бораи ташаккули сохтории инулин дар маҳлули обӣ, тавассути таъсири мутақобилаи байнимолекулавӣ ва дохилимолекулавӣ.

Дурустии натиҷаҳои бадастомада бо истифодаи усулҳои ҳамдигарро пуррасозандаи муосири физикӣ ва кимиёвӣ, ба монанди 1D-ва 2D - ЯМР ва ИК - Фуриё спектроскопия, МУЛС, ки бо асбобҳои беназири ширкатҳои маъруф (Waters, Tesla, Wyatt Technology (ИМА), Perkin Elmer (Швейтсария) ва ғайра) ва истехсоли хуби натиҷаҳои таҳқиқотӣ ва усулҳои таҳлили омӯрӣ иҷро шудаанд, тасдиқ карда мешавад.

Тасвиби натиҷаҳои кор. Натиҷаҳои асосии кор дар: конференси байналмилалӣ "Нақши физика дар рушди илм, маориф ва инноватсия", бахшида ба 80-солагии хотираи аъзо-корреспонденти АМИТ, доктори илмҳои физикӣ-математикӣ дар Душанбе, соли 2022; конференси III – юми байналмилалӣ "Рушди илми химия ва соҳаи истифодаи он", Душанбе, 2021; конференси байналмилалӣ илмӣ бахшида ба 75-солагии профессор Е.В. Барковский, Минск, 21 майи соли 2021; конференси XII – юми миллӣ бо иштироки байналмилалӣ "Технология ва маҳсулоти ғизои солим", Русия, Шаҳри Саратов, 17-18 декабри соли 2020: конференси байналмилалӣ. "Биотехнология: Илм ва амалия." Русия, Ялта, 2019 ва 2017; 12-Th International Symposium on The Chemistry of Natural Compounds, 7-8 - уми сентябри соли 2017 Тошканд, Ўзбекистон; конференси ҷумҳуриявӣ "Нақши химия дар рушди иқтисоди Ўзбекистон", Самарқанд, 2018; конференси ҷумҳуриявӣ XI Хониши Ломоносов, 2021; хониши XVII, XVII ва XIV -уми Нуъмонов, 2022, 2021 ва 2017 гузориш дода шуданд.

Интишорот. Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқот 17 кори илмӣ, аз ҷумла 3 мақола дар маҷаллаҳои Пойгоҳи байналмилалӣ "Scopus", 3 мақола дар маҷаллаҳо аз рӯйхати КАО назди Президенти ҚТ, 6 тезиси ҳисоботҳо дар маводҳои конференсҳои байналмилалӣ ва 4 тезиси ҳисоботҳо дар маводҳои ҷумҳуриявӣ нашр шудааст.

Саҳми шахсии муаллиф дар таҳлили адабиёти илмӣ, иштироки ӯ дар гузоштани вазифаҳо дар мавзӯи кори диссертатсионӣ, гузаронидани бевоситаи корҳои таҷрибавӣ, коркард, таҳлил ва тафсири натиҷаҳои бадастомада мебошад.

Сохтор ва ҳаҷми рисолаи илмӣ. Рисолаи илмӣ дар 157 саҳифаи матни хаттӣ, аз ҷумла 20 расм ва 16 ҷадвал оварда шудааст. Рисолаи илмӣ аз муқаддима, се боб, хулосаҳо ва рӯйхати библиографии 261 ном иборат аст.

Вожаҳои калидӣ: инулин, таркиби фазавӣ, агрегатсия, вазни молекулавӣ, тақсмоти молекулавӣ-массаӣ, хроматографияи моеъии эксклюзионӣ, спектроскопияи ИК-Фурйе, титркунии турбидиметрикӣ.

МУНДАРИЧАИ АСОСИИ КОР

Дар муқаддима аҳамияти мавзӯ асоснок карда шудааст, мақсад ва вазифаҳои кор, навгониҳои илмӣ, арзиши илмӣ-амалӣ, муқаррароти барои ҳимоя пешниҳодшаванда ва ғайра муайян карда шудаанд.

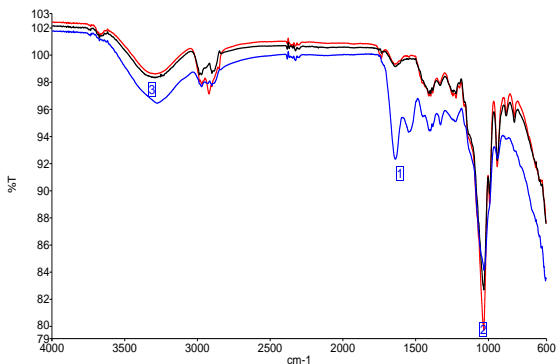
Дар боби аввал маълумоти адабиётӣ оид ба биомассаи растанӣ – манбаи барқароршаванда барои ба даст овардани биополимерҳо таҳлил карда шудааст; полисахаридҳо - сохтор ва манбаҳои ба даст овардан; полисахаридҳо аз бехмева ва маҳсусан дар сохтор, хосиятҳо ва истифодаи инулин ва маҳсулот дар асоси он оварда шудаанд [1]. Дар асоси таҳлили баррасии адабиёт, ҳадаф ва вазифаҳои асосии рисолаи илмӣ муайян карда шудаанд.

Дар боби дуюм моддаҳои ибтидоӣ, усулҳои ба даст овардани полисахариди дар об ҳалшаванда (инулин) ва пектин, таркиб ва сохтори онҳо, усулҳои ба даст овардан ва тоза кардани инулин; усулҳои микдории таҳлили инулин; спектроскопияи ИК-Фурйе тавсиф карда шудаанд; Муайян кардани массаи молекулавӣ ва ТММ – и полисахарид бо ХМЭБ; муайян кардани ТММ – и полисахарид бо титркунии турбидиметриқӣ.

Дар боби сеюм, дар бахшҳои 3.1 - 3.3 маълумот оид ба ҷудо ва тоза кардани полисахарид аз решаҳои ноки заминӣ (топинамбур) (*Helianthus tuberosus*) оварда шудааст. Истихроҷи моддаҳои рағванӣ ва мумӣ ва пайвастагиҳои полифенолӣ аз решаҳои топинамбур ва истихроҷи инулини УА ва УФ дар ҳарорати 95°C ва 120°C.

Дар бахши 3.3.1 натиҷаҳои таҳқиқоти сохтории инулин оварда шудаанд, ки бо се роҳ тавассути муқоисаи спектрҳои ИК-Фурйе ба даст оварда шудаанд. Таҳлили спектри ИК-Фурйе - и намунаҳои инулин дар расми оварда шудааст.

Хатҳои маъмулии ин полисахарид дар минтақаҳои зер ошкор карда шуданд: 3342-3281 см⁻¹ аз сабаби тағирёбии валентии ОН, хатҳои пуршиддати фурӯ бурдани он, ки барои гурӯҳи карбонилӣ дар минтақаи 1640 см⁻¹ и 1393 см⁻¹ хос аст, хати пуршиддат дар 1032 см⁻¹ бо китфи хос дар 1134 см⁻¹ ки ба ларзиши С-О-С-и даври пиранозӣ тааллуқ дорад.

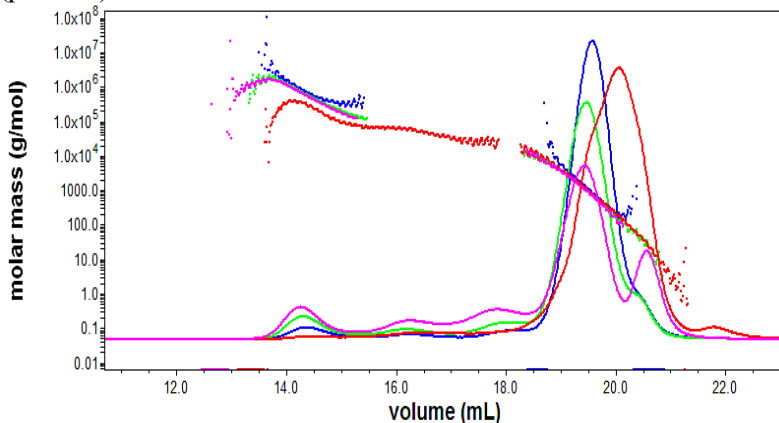


Расми 1. - ИК-Фурье спектрҳои намунаҳои инулин: (1). Инулин, ки бо УА ба даст оварда шудааст; (2) Инулин, ки бо УФ дар 95°C ба даст оварда шудааст; (3) Инулин, ки бо УФ дар 120°C ба даст оварда шудааст [2, 3].

Хат дар 934 см^{-1} ба боқимондаи глюкоза (-D-Glcp) дар занҷири карбогидратҳо дохил карда шудааст ва омезиши ин хат ва қулла дар 1026 см^{-1} мавҷудияти гурӯҳҳои OH -глюкозаро дар инулин нишон медиҳад. Охирин, дар якҷоягӣ бо хатҳои фурӯбарии 876 ва 818 см^{-1} мавҷудияти 2 - кетофуранозаро дар намунаи инулин, ки бо УФ ҳосил шудааст, тасдиқ кард. Хатҳои фурӯбарии бо ҳадди аксар дар 934 , 876 , 818 см^{-1} барои β (2-1) пайваستшавии боқимондаҳои фруктофураноза хос аст, ки дар инулини ҳосилшуда бо УА қариб вучуд надоштанд. Фарқиятҳо дар спектрҳои инфрасурх на танҳо барои басомади ҷунбиши занҷири асосии полисахарид (C-C ҷунбиши $900\text{-}1200\text{ см}^{-1}$, C-N симметрия дар 2850 см^{-1} ва асимметрия дар 2922 см^{-1} ҷунбиши валентии даври пиранозӣ), балки дар шиддати хатҳои фурӯбарӣ, барои гурӯҳи карбонилӣ дар минтақаи $1600\text{-}1800\text{ см}^{-1}$ хос аст дар бораи полиформи инулин ва дараҷаи ҷамъшавии зарраҳо шаҳодат медиҳанд. Ҳамин тариқ, муқаррар карда шуд, ки инулини хом, ки бо УА ва УФ бо таҳшиншавии пайдарпай бо спирт ё пас аз кристаллизатсияи якдафъаина ба даст оварда шудааст, дорои омехтаҳо, ба монанди пектин, боқимондаҳои сафедаҳо ва аминотуршоҳо, туршоҳои органикӣ, пайвастагиҳои фенолӣ ва маҳсулоти оксидшавии онҳо мебошад, манбаи карбогидратҳо мебошад ва метавонад барои иваз кардани шакар ва рағанҳо истифода шавад. Нишон дода шудааст, ки

экстракти инулин инчунин аз макроэлементҳо ва микроэлементҳои К, Mg, Ca, P, Fe ва Zn бой аст. Истифодаи УФ имкон медиҳад, ки маҳлули дорои инулиноро бо дараҷаи баланди тозагӣ, инчунин бо миқдори зиёди чузъи синергетикии пектин, ки таъсири мусбат ба организми инулиноро нисбат ба маҳлули дорои инулини ҳосилшуда бо усули УА хеле зиёд мекунад, ба даст оварда шавад.

Дар боби 3.3.2 таҳлили вазни молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинамикии инулин оварда шудааст. Дар расм 2 қачҳои тақсимои молекулавии массаи намунаҳои инулин, ки бо усулҳо ва режимҳои гуногуни истихроҷ ба даст оварда шудаанд, нишон дода шудаанд. Тавре ки аз хроматограмма ва қачҳои тақсимои ТММ-и полисахарид дида мешавад, дар намунаҳои ҳангоми истихроҷи ФМ гирифташуда ду қулла мушоҳида карда мешавад. Аввалин қуллаи хурд, ки вазни баланди молекулавӣ дорад, дар ҳаҷми 14.5 мл элюэнтсия карда мешавад, сипас фраксияи асосии полисахарид - инулин аз ХМЭБ -и хроматографии сутун бо ҳаҷми 19.5-21.0 мл шуста мешавад (расм. 2.)



Расми 2. - Профили ХМЭБ хроматограмма ва қачҳои тақсимои молекулавӣ-массаи (ТММ) полисахаридҳои истихроҷшуда аз ноки заминӣ, ки бо истифодаи вискозиметриқӣ дар якҷоягӣ бо детекторҳои рефрактометриқӣ истиҳсол карда шудаанд: (кабуд) Инулин 1; (сабз) инулин 2; (гудобӣ) инулин 3; (сурх) Инулин УА [4].

Натиҷаҳои таҳлили ХМЭБ хроматограмма ва қачҳои тақсимои ТММ-и намунаҳои инулин, ки бо усулҳои гуногун ҷудо карда шудаанд, бо ёрии барномаи ASTRA 5.3.4.13 коркард карда шуданд ва дар ҷадвали 1 оварда шудаанд. Дар ҷадвали 1 инчунин параметрҳои гидродинамикии намунаҳои омӯхташудаи инулин, ки аз ҷониби ин барнома тавлид шудаанд, оварда шудаанд.

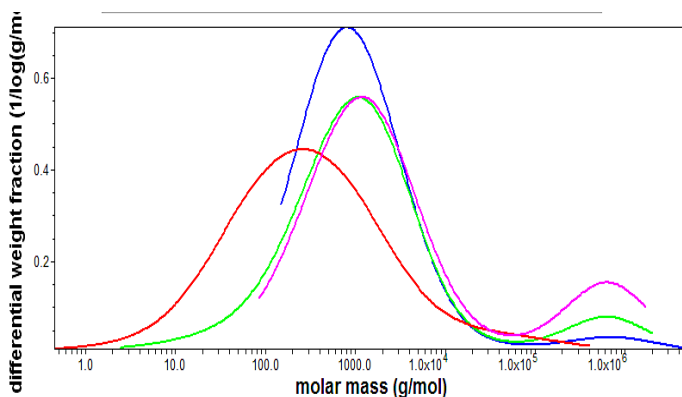
Тавре ки аз таҳлили натиҷаҳои бадастомада маълум аст, полисахариди истихроҷшуда бо УФ (Инулин 1, Инулин 2 ва инулин 3) бо ду қулла (А ва В) элюягсия карда мешавад. Гарчанде ки баромади аз сутуни ХМЭБ а- и фраксияи якум (пик-А) барои намунаҳои Инулин 1, Инулин 2 ва Инулин 3 хурд аст (4.05%, 7.59% ва 6.83), ва вазни молекулавии онҳо хеле баланд аст (1003.2 кД). Дар ҳоле ки баромади фраксияи дуюм (фраксияи асосии инулин) барои Инулин 1 ва Инулин 2 ҳадди аксар аст, 95,47% ва 91,14%-ро ташкил медиҳад. Вазни молекулавии ин фраксияҳо мутаносибан 2.89 кД ва 2.7 кД барои Инулин 1 ва Инулин 2 паст аст.

Аз маълумоти ҷадвали 1 инчунин дида мешавад, ки тағйирёбии хосиятҳои гидродинамикӣ (часпиши хос ($[\eta]$) ва радиуси гидродинамикии $rh(w)$) полисахаридҳои омӯхташуда (Инулин-1 ва Инулин-2) бо тағйирёбии вазни молекулавӣ ва профили ТММ ҳақиқӣ мебошанд. Арзишҳои $[\eta]$ ва $Rh(w)$ барои Инулин 1 ва Инулин 2 мутаносибан 2.8 мл/г; 0.8 нм ва 3.7 мл/г; 0.9 нм мебошанд. Ва дар ин ҷо қайд кардан лозим аст, ки тағйир додани ин параметрҳо барои Инулин-УА ва концентрати УФ (Инулин 3): арзиши M_w , ($[\eta]$) ва $Rh(w)$ барои ин намуна нисбат ба намунаи ибтидоӣ Инулин 2 баландтар аст, гарчанде ки арзиши M_w барои фраксияи баланди молекулавӣ, ки ба 1025.4 кДа баробар аст, қариб яхела боқӣ мемонад.

Қачҳои дифференсиалӣ (вобастагии логарифми ҳиссаи массаи полисахарид аз вазни молекулавӣ) намунаҳои омӯхташудаи тағйиротро дар профили тақсимои ТММ дар намунаҳои омӯхташуда ба таври воҳеҳ нишон медиҳанд (расм.3).

Чадвали 1. - Маълумоти массаи молекулавӣ ва хосиятҳои гидродинамикии намунаҳои инулин, ки бо усулҳои гуногун ҷудо карда шудаанд [4].

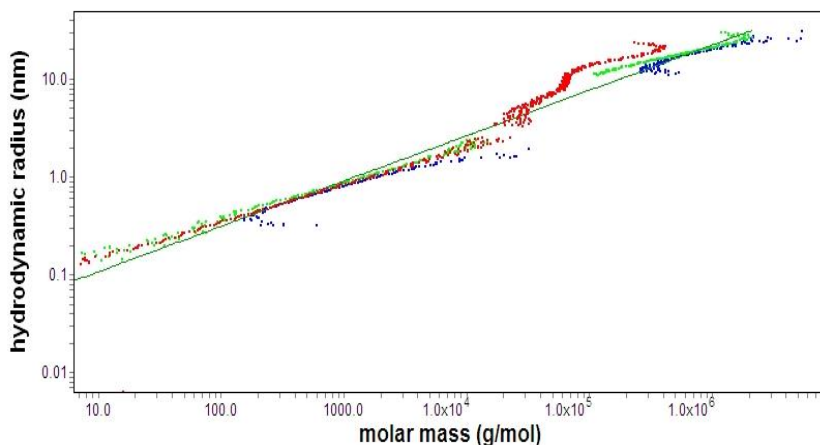
Инулин	t° C экст.	Время экст., мин	R, %	MG, %	M _w , кДа	M _w /M _n	η _w , мл/г	Rh(w) нм
Инулин 1 (A)	110	20	4.05	8.4	1173.9	1.36	49.8	17.6
Инулин 1 (B)			95.47		2.89	2.9	2.8	0.8
Инулин 2 (A)	100	20	7.59	15.2	1003.9	1.6	64.5	17.9
Инулин 2 (B)			91.14		2.7	7.9	3.7	0.9
Инулин 3 (A)	100	20	6.83	34.0	1025.4	1.5	70.1	18.6
Инулин 3 (B)			39.36		3.4	3.2	4.0	1.0
Инулин ТМ	80	30	85.2	9.1	1.49	69.8	1.3	0.5



Расми 3. - Хатҳои дифференсиалӣ (вобастагии логарифми ҳиссаи масса аз вазни молекулавӣ) полисахаридҳои истихроҷшуда аз беҳмеваи ноки заминӣ, ки бо ёрии барномаҳои ASTRA V 5.3.4.20 (Wyatt Technology) ва Breez (Waters) ба даст оварда шудаанд: (1) Инулин 1; (2) Инулин 2; (3) Инулин 3 ва (4) Инулин-УА [4].

Дар расми 4. графикҳои конформатсионӣ, ки бо истифода аз барномаи ASTRA барои намунаҳои Инулин 2 ва шакли концентратсияшудаи он Инулин 3 истеҳсол шудаанд, пешниҳод карда мешаванд. Бузургии коэффитсиенти b , ки конформасияи макромолекуларо дар маҳлул муайян мекунад, аз майли вобастагии қачи радиуси гидродинамикӣ ва вазни молекулавӣ пайдо шудааст, барои ҳарду Инулинҳо арзишҳои баробари паст дорад.

Арзишҳои дарёфткардашудаи миёнаи коэффитсиенти b барои омехтаи инулинҳои истихроҷшуда ба конформасияи лӯндаҳои тасодуфӣ бо шакли дароз ишора мекунад, аз сабаби чамъшавии баланди онҳо, ки ба ин арзишҳои баланди микрогелҳои чамъшуда шаҳодат медиҳанд (ҷадв.1).



Расми 4. - Вобастагии радиуси гидродинамикӣ аз вазни молекулавӣ (графики конформатсионӣ) барои Инулин 2 ($b=0.46$) ва Инулин 3 ($b=0.47$) [4].

Бахши 3.3.3 ба хосиятҳои худҷамъшавии инулин бахшида шудааст. Инулин инчунин аз гурӯҳҳои гидроксилӣ бой аст, ки метавонанд дар таъсири мутақобилаи супрамолекулярӣ, аз ҷумла тавассути пайвастиҳои гидрогенӣ иштирок кунанд. Ин таъсирҳои мутақобила метавонанд ҳам байнимолекулавӣ ва ҳам дохилимолекулавӣ бошанд, гарчанде ки моделикунии сохтории

инулин дар асоси таҳлили рентгеноструктуравии шакли саҳт нишон медиҳад, ки инулини кристаллӣ танҳо робитаҳои байнимолекулавии гидрогенӣ байни занҷирҳоро дорад. Дар ин замина, ташаккули гели инулин ҳамчун зарраҳои гел тасвир карда мешавад, ки дар онҳо шабакаҳои сечониба зарраҳои чамъшудаи коллоидии инулиноро ташкил медиҳанд.

Аз натиҷаҳои бадастовардаи мо, (каҷҳои дифференсиалии ТММ-рас. 3 ва чадвали конформатсионӣ-расм. 4) чунин ба назар мерасад, ки баъзе худташкили назаррас аз фраксияҳои молекулавии пасти инулин оғоз меебад, ки ба конформасияи даврӣ ё спиралӣ мусоидат мекунад. Олигомерҳо бо СП 6-8 конформасияҳои муташаккил, гарчанде ки камтар дақиқ муайян кардашуда, доранд ва ин тағйирот дар сохтор барои пайдарпаии ғайримуқаррарии эллютсияи хроматографӣ дар ин диапозони СП масъул аст. Таҳқиқи хосиятҳои ин инулинҳои беназир дар сохтор метавонад доираи истифодабарии онҳоро хеле васеъ кунад.

Барои таҳқиқот се намунаи инулин истифода шудааст: Инулин А – инулин аз ноки заминӣ (Chongqing Joywin Natural Products Co Ltd., Чин), Инулин В, ки аз бехмеваи ноки заминии (*Helianthus tuberosus*) навъи маҳаллӣ гирифта шудааст ва Инулин С – и аз решаҳои сикорий (*Cichorium*) бо истихроҷи оби ҳосилшуда бо усули классикӣ ба даст оварда шудааст.

Титркунии турбидиметрӣ дар турбидиметри озмоишгоҳии 2100 AN IS (HACH, USA) дар ҳарорати 20°C гузаронида шуд. Дар аввал титркунии пешакии ғафс гузаронида шуд: 30 мл маҳлули инулин бо консентратсияи 0.96% ба омехтакунандаи магнитии Variomag (Thermo Scientific, ИМА) гузошта шуд ва ҳангоми омехтасозӣ бо маҳлули 96% спирт то пайдоиши норавшании ноаён титр карда шуд. Ҳаҷми таҳшинкунанда барои титркунии ғафс сарфшуда чен карда шуд.

Сипас титркунии дақиқ гузаронида шуд. Барои ин, ба стакан маҳлули ибтидоии инулин, ки тақрибан ба ҳаҷми зарфи ченкунӣ мувофиқат мекунад, рехта, ба омехтакунандаи магнитӣ гузошта шуд ва ҳангоми омехта кардани бетанаффус миқдори муайяни таҳшинкунанда - 96% этанол илова карда шуд. Пас аз ҳар як порсияи таҳшинкунанда, мундариҷаи стакан ба зарфи стандартӣ герметикӣ рехта шуд, ки он ба зарфи ченкунии турбидиметр чойгир карда шуд ва тирагӣ дар воҳиди тираноқӣ (NTU) муайян карда шуд. Ҳисобҳо

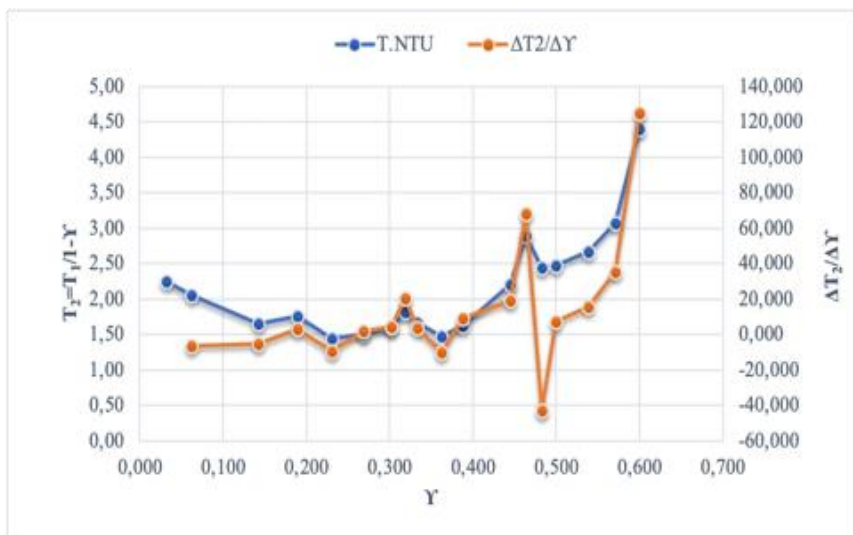
ҳангоми илова кардани таҳшинкунанда то он даме гузаронида шуданд, ки тирашавии маҳлул хотима ёфт (ҷадв.2).

Ҷадвали 2. - Натиҷаҳои титркунии турбидиметрии маҳлули инулин А, C=0.99% [5].

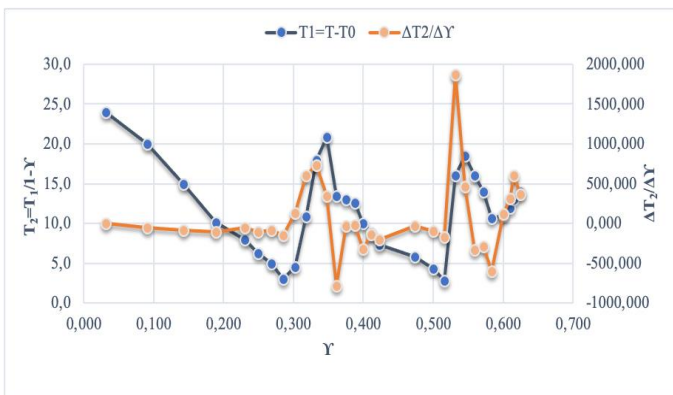
№	V, мл	$\gamma = V/V_0 -$ V	$\Delta\gamma$	1- γ	T.NTU	T1=T- T0	T2=T1/1- γ	ΔT_2	$\Delta T_2/\Delta\gamma$
1	1	0,032		0,968	2,25	0,9	0,88		
2	2	0,063	0,030	0,938	2,05	0,7	0,69	0,19	-6,117
3	5	0,143	0,080	0,857	1,65	0,3	0,29	0,40	-4,999
4	7	0,189	0,046	0,811	1,76	0,4	0,44	0,15	3,288
5	9	0,231	0,042	0,769	1,45	0,1	0,07	0,38	-9,115
6	11	0,268	0,038	0,732	1,50	0,1	0,14	0,07	1,910
7	13	0,302	0,034	0,698	1,60	0,2	0,29	0,15	4,408
8	14	0,318	0,016	0,682	1,82	0,4	0,62	0,33	20,770
9	15	0,333	0,031	0,667	1,67	0,3	0,41	0,12	3,816
10	17	0,362	0,028	0,638	1,48	0,1	0,13	0,28	-9,858
11	19	0,388	0,026	0,612	1,62	0,2	0,36	0,23	8,982
12	24	0,444	0,057	0,556	2,20	0,8	1,44	1,08	19,063
13	26	0,464	0,020	0,536	2,90	1,5	2,80	1,36	68,544
14	28	0,483	0,018	0,517	2,44	1,0	2,01	0,79	-42,729
15	30	0,500	0,017	0,500	2,47	1,1	2,14	0,13	7,501
16	35	0,538	0,038	0,462	2,67	1,3	2,75	0,61	15,903
17	40	0,571	0,033	0,429	3,08	1,7	3,92	1,17	35,439
18	45	0,600	0,029	0,400	4,40	3,0	7,50	3,58	125,300

Дар ҷадвали 2 ба сифати мисол маълумоти титркунии турбидиметрикии маҳлулҳои инулин ва ҳисоб кардани параметрҳои барои сохтани қачҳои интегралӣ ва дифференсиалии тақсимои молекулавӣ-массавии намунаҳои инулин оварда шудааст (дар ин ҷо V ҳаҷми таҳшинкунандаи иловашуда; T – тирагии маҳлули полимер; T_0 - тирагии маҳлули шаффофи полимер, ки ба 1.55 NTU баробар аст; V_0 - ҳаҷми ибтидоии маҳлули полимер, ки ба 35.23 мл баробар аст; γ ҳиссаи ҳаҷмии таҳшинкунанда; T_1 - тирагӣки бо полимери ҷудошуда вобаста аст; T_2 - тирагӣ бо ислоҳ ба омехтасозии маҳлул).

Қачҳои дифференсиалии титркунии турбидиметрикии намунаҳои инулини А дар расмҳои 5 ва 6 оварда шудаанд.



Расми 5. - Қачҳатҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалӣ ($\Delta T_2 / \Delta \gamma$) - и титркунии турбидиметрикии маҳлули инулин А (концентрагсияи инулин 0.99%) [5].



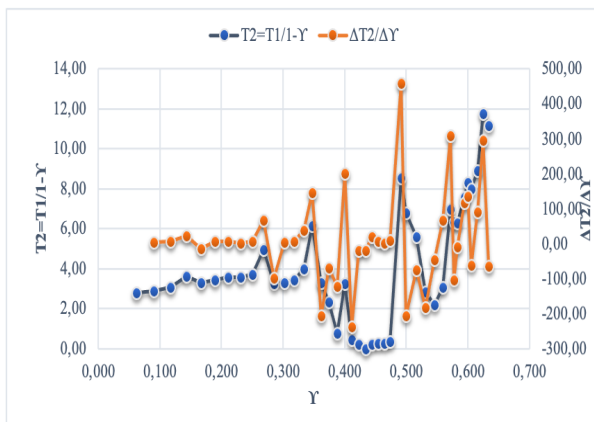
Расми 6. – Качхатҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалӣ ($\Delta T_2 / \Delta \gamma$) - и титркунии турбидиметрии маҳлули инулин В (концентратсияи инулин 0.95%) [5].

Тавре ки дар расми 5 дида мешавад, қачхати вобастагии тирагии маҳлули инулин аз ҳиссаи ҳаҷмӣ таҳшинкунанда (қачхати интегралӣ титркунии турбидиметрикӣ) шакли шебдор дорад, ки ба ТММ -и васеи макромолекулаҳои инулини А ишора мекунад. Дар ин вақт дар қачхати интегралӣ титркунии турбидиметрикии намунаҳои ҳам инулин А ва ҳам Инулин В (расм.6) ду максимум мушоҳида карда мешавад, ки ба тақсими молекулавӣ-массавӣ бимодалӣ ва васеи макромолекулаҳои намунаҳои инулин аз беҳмеваҳои ноки заминӣ ишора мекунад.

Аз рӯи қачхатҳои дифференсиалии титрсозии турбидиметрикии намунаҳои Инулин А (расм. 5) ва В (расм.6) муайян кардан мумкин аст, ки дар ҳарду намуна се фраксияи макромолекулярӣ (изоформаҳо) мавҷуданд, ки дар алоҳидагӣ тақсими танги массавӣ- молекулавӣ доранд.

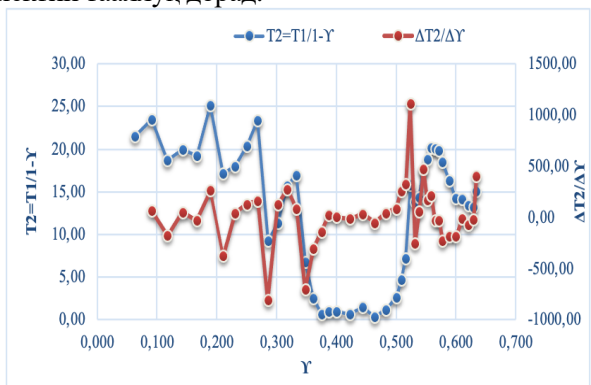
Азбаски дар ҳарду намунаи инулин қул्लाҳои хурд дар профили қачхатҳои титркунии дифференсиалии турбидиметрикӣ (минбаъд қачхатҳои ТММ) мушоҳида карда шуданд, қарор қабул карда шуд, ки концентратсияи инулинро дар маҳлули ибтидоӣ зиёд карда шавад.

Тавре ки аз профили қачҳои ТММ инулинҳо дида мешавад, дар расми 7 ва 8 нишон дода шудааст, чор қуллаи равшан ба назар мерасанд, ки ба ташаккули чор изоформаи молекулавӣ макромолекулаи инулин бо афзоиши концентратсияи он ишора мекунанд.



Расми 7. – Качхатҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалӣ ($\Delta T_2/\Delta Y$) - и титркунии турбидиметрикии маҳлули инулин А (концентратсияи инулин 1.47 %) [5].

Аз таҳлили качхатҳои ТММ тахмин зада мешавад, ки аввалин қуллаи хурд, дар ҳиссаи ҳаҷмии таҳшинкунанда 0.15-0.20 дар ҳамаи намунаҳои инулин ба фраксияи баландмолекулавии полисахарид ва бештар ба пектин тааллуқ дорад.



Расми 8. – Качхатҳои интегралӣ (T_2) ва дифференсиалӣ ($\Delta T_2/\Delta Y$) - и титркунии турбидиметриии маҳлули инулини В (концентратсияи инулин 1.43 %) [5].

Барои арзёбии дақиқтари тағйирёбии тирагӣ аз ҳиссаи ҳачмии таҳшинкунанда, мо арзишҳои максимумҳои боқимондари (ба ғайр аз қуллаи ибтидоӣ) дар қачхатҳои титркунии турбидиметрикий инулини А ва Инулини В дар ду концентратсияи омӯхташуда дар чадвалҳои 3-5 овардем.

Тавре ки интизор мерафт, дар коррелятсия бо афзоиши концентратсия худташкили макромолекулаҳо ба амал меояд, ки ба маҳлули тиратар дар нуқтаи максимум (расм. 7 ва чадвал. 4) ва пайдоиши изоформаҳои нав оварда мерасонад. Ғайр аз ин, ошкор шуд, ки агрегатҳои ҳосилшуда бештар коллоидӣ (аз $r_{\text{уи}}$ арзиши $\Delta T_2/\Delta Y$) дар концентратсияи баланди ибтидоии маҳлул мебошанд, ки ин ба морфологияи ниҳоии макромолекула низ таъсир мерасонад.

Аммо аз таҳлили арзишҳои параметрҳо вобаста ба ҳиссаи ҳачмии таҳшинкунандаи инулини В тасвири дигар мушоҳида мешавад. Бо афзоиши концентратсия, тирагӣ дар наздикии максимумҳои коҳиш меёбад (ниг. қуллаҳои 3 ва 5, чадвалҳои 3-5), арзиши T_2 барои қуллаҳои 3 ва 5 ба таври назаррас коҳиш меёбад (20.9–17.3 NTU ва 34.0–16.5 NTU мутаносибан). Ин аз он гувоҳӣ медиҳад, ки бо афзоиши концентратсияи полимер, агар дар инулини А афзоиши агрегатҳои барои изоформаҳои 3 ва 5 ба амал ояд, пас дар инулини В ин дар самти баръакс, яъне ҳал шудани агрегатҳои ва табдил додани изоформаҳои дорои вазни баланди молярӣ ба изоформаҳои, ки вазни молекулавии паст доранд, рух медиҳад.

Тавре ки аз арзиши параметрҳои тирагӣ дида мешавад (чадвали 5) дар намунаи Инулини С ҳамаи чор изоформаи инулин ба таври возеҳ ҷудо карда мешаванд. Махсусан, арзиши параметрҳои тирагии фраксияи охирини пастмолекулярӣ инулин аз чунин параметрҳои барои инулини А 40 ва инулини В 10 маротиба зиёдтар аст.

Изоформаҳои инулин силсилаи афзоияндари дар пайдарҳамии β - α - γ - δ ташкил медиҳанд, ки дар он изоформаҳои пасттар дар ҳарорати муайян ба изоформаҳои баландтар табдил меёбанд ва ҳамаи изоформаҳои олий метавонанд бо роҳи ҳалли пурра ва бозкристалликунонӣ ба изоформаҳои пасттар баргардонида шаванд. Дар ин ҳолат, пайдарҳамии изоформаҳои (β - α - γ - δ) ба максимумҳои

2-5 дар тартиби баръакс (яъне 5-4-3-2) дар качхатҳои ТММ - и намунаҳои омӯхташудаи инулин мувофиқат мекунад.

Ҳамин тариқ, сохторҳои нав тавассути пайванди барқароршаванда тавассути пайвандҳои гидрогении гурӯҳҳои спиртӣ ба вучуд меоянд, на пайвандҳои ковалентӣ ва изоформаҳои баландтар бештар доранд шумо-афшура арзиши миенаи массаи молярӣ [157-160].

Аз натиҷаҳои ҳосилшудаи таҳлили ТММ бо усули ХМЭБ хулоса бароварда шуд, ки ин биополимер ҳосиятҳои худҷамъшавӣ дорад. Тавре ки профилҳои качхатҳои ХМЭБ –и намунаи Инулини В нишон доданд, дар маҳлули хеле омехташуда (0.002%) ду изоформа мавҷуданд: инулини пастмолекулярӣ ва агрегати баландмолекулярӣ, ки изоформаҳои β и δ - ро ифода мекунад. Ҳангоми тақсими онҳо дар УФ-мембрана дар маҳлули ретентат бештар изоформаҳои дигар (α , γ и δ) ташаккул ёфтанд, дар ҳоле, ки миқдори зиёди микрогелҳои дар об ҳалнашаванда ба вучуд меоянд. Дар ҳоле ки инулин, ки бо усули анъанавӣ ҳосил шудааст, худро ҳамчун макромолекула бо як изоформа, аммо бо дараҷаи баланди полидисперсия нишон дод.

Ҳамин тариқ, инулин, олигосахариди тақсимнашуда бо вазни молекулярӣ аз 1200 Да то 120 000 Да (СП 260 Ва болотар), барои майли худташакил дар маҳлули концентратсияшуда бо роҳи муайян кардани маҳдудияти молекулавии массаи он бо усули титркунии турбидиметриқ таҳқиқ карда шуд. Ин таъсирҳои мутақобила метавонанд ҳам байнимолекулярӣ ва ҳам дохилимолекулярӣ бошанд, гарчанде ки моделикунонии сохтори инулин дар асоси таҳлили рентгенсохтории шакли саҳт нишон медиҳад, ки инулини кристаллӣ танҳо робитаҳои байнимолекулавии гидрогении байни занҷирҳоро дорад. Дар ин замина, ташаккули гелии инулин ҳамчун зарраҳои гел тавсиф карда мешавад, ки дар онҳо шабакаҳои сечониба зарраҳои ҷамъшудаи коллоидии инулинро ташкил медиҳанд.

Чадвали 3. - Арзишҳои параметрҳои титркунии турбидиметрии қуллоҳои асосии инулини А, ки аз қачхатҳои интегралӣ ва дифференсиалӣ дар консентратсияҳои гуногун гирифта шудаанд (%) [5].

Параметрҳои	Қуллаи 2		Қуллаи 3		Қуллаи 4		Қуллаи 5	
	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47
ТДГ								
γ	0.33	0.348	-	0.40	0.46	0.49	-	0.57
T2	2.80	6.13	-	3.23	2.80	8.56	-	6.48
$\Delta T2/\Delta Y$	20.8	147.0	-	200.0	68.5	459.0	-	308.0

Чадвали 4. - Арзишҳои параметрҳои титркунии турбидиметрии қуллоҳои асосии Инсулини В, ки аз қачхатҳои интегралӣ ва дифференсиалӣ дар консентратсияҳои гуногун гирифта шудаанд (%) [5].

Параметрҳои	Қуллаи 2		Қуллаи 3		Қуллаи 4		Қуллаи 5	
	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47
ТДТ								
γ	-	0.27	0.35	0.38	-	-	0.53	0.52
T2	-	23.3	20.9	17.3	-	-	34.0	16.5
$\Delta T2/\Delta Y$	-	162	726.0	275.0	-	-	1865.0	1108.0

Чадвали 5. - Арзишҳои параметрҳои титркунии турбидиметрии қуллоҳои асосии Инулини С, ки аз қачхатҳои интегралӣ ва дифференсиалӣ дар консентратсияҳои гуногун гирифта шудаанд (%) [5].

Параметрҳо и	Қуллаи 2		Қуллаи 3		Қуллаи 4		Қуллаи 5	
	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47	C=0.90	C=1.47
ТДГ								
γ	-	0.22	-	0.28	-	0.51	-	0.54
T2	-	26.4	-	19.4	-	18.5	-	96.2
$\Delta T2/\Delta Y$	-	414.0	-	449.0	-	2020	-	13280.0

Нишон дода шуд ки инулини сикорий бо вазни миёнаи молекулярии 4.468 қДа метавонад дар муҳити обӣ худташкил шавад, ба монанди бисёр блокҳо ва графт-сополимерҳо, ки концентратсияи муҳими агрегасияро нишон медиҳанд. Он дар муҳити обӣ маҷмӯаҳои мулоими глобулярии супрамолекулярӣро ташкил медиҳад. Мономерҳои инулинии чамънашуда инчунин геометрияи глобулярро пешбинӣ мекунанд.

Дар боби 3.3 баъзе тавсияҳо оид ба истифодаи полисахаридҳо аз растаниҳои бехмевагӣ, ки дар Тоҷикистон мерӯянд, дода шудаанд. Дар ҷумҳурии мо бисёр сабзавоти решагӣ (картошка, ноки заминӣ, сикорий, алтей, намудҳои гуногуни пиёз, эремурус ва ғайра), растаниҳои дорои миқдори зиёди полисахаридҳои захирагӣ (карафс, зуф, коку, ревоҷ, ва ғайра) ва полисахаридҳои муҳофизатӣ - пектин, шилим ва луоб (мева ва сабзавот) мерӯянд. Ин манбаъҳои бойи ашёи хом имкон медиҳанд, ки технологияи истеҳсол рушд намоянд ва истифодаи маҳсулоти гирифташуда таққиқ шавад, истеҳсоли маҳсулоти пешгирикунанда ва биосӯзишворӣ ташкил карда шавад.

Ғайр аз он, тағйир додани ҷузъҳои ғизоии табиӣ бо воситаҳои физикӣ, кимиёвӣ ва ферментативӣ ба гирифтани мавод бо хосиятҳои аълои функционалӣ равона карда шудааст ва инчунин имкон медиҳад, ки формулаҳо барои тайер кардани маҳсулоти ғизоии функционалӣ бо хосиятҳои зидди диабетӣ таҳия карда шаванд, ки ин бешубҳа ба иқтисодиёти ҷумҳурӣ саҳми назаррас мегузорад.

ХУЛОСАҲО

1. Муқаррар карда шуд, ки инулини хом, ки бо усулҳои анъанавӣ ва флеш (УА ва УФ) аз ашёи хоми маҳаллӣ ба даст оварда шудааст, дорои омехтаҳои ба монанди пектин, пайвастагиҳои фенолӣ, боқимондаҳои сафедаҳои аминотуршоҳо мебошад; нишон дода шуд, ки усораи инулин инчунин аз макро - ва микроэлементҳо ба монанди К, Mg, Са, Р, Fe Ва Zn бой аст ва металлҳои вазнин надорад; натиҷаҳои нав аз рӯи параметрҳои сохторӣ ва молекулавии инулин аз бехмеваҳои ноки заминӣ ба даст оварда шуданд [2-А, 6-А].
2. ТММ – и намунаҳои инулин бо усулҳои ХМЭБ ва титркунии турбидиметрикӣ арзёбӣ гардид: дар асоси қачхатҳои интегралӣ ва дифференсиалии ТММ нишон дода шудааст, ки дар намунаҳои инулин аз ноки заминӣ 3 фраксияи макромолекулярӣ (изошакл) мавҷуданд, ки дар алоҳидагӣ

ТММ-и танг доранд, дар асоси ин маълумот усули беҳинаи истихрочи инулин аз ашёи хоми растанӣ таҳия шудааст [4-А].

3. Фарзия дар бораи азнавташкилдихи сохтори макромолекулаи инулин ҳангоми истихроч ва концентратсияи маҳлул, яъне майл ба худташкилдихӣ дар маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда тавассути таъсири мутақобилаи байнимолекулавӣ ва дохилимолекулавӣ, дар асоси маълумоти ТММ ва ИК-спектрҳо пешниҳод карда шуд [3-А, 5-А].
4. Муқаррар карда шуд, ки фраксияҳои хурдтари инулин маҷмӯаҳои супрамолекулави дақиқ муайяншударо ташкил медиҳанд, дар ҳоле ки фраксияҳои калон дар агрегатҳои аморфӣ - микрогелҳо ҳам мешаванд. Ин маълумот дар таҳия ва ба даст овардани мавод дар соҳаи нанотехнология ва маводшиносӣ муфид хоҳад буд [4-А, 5-А].
5. Нишон дода шуд ки ҳангоми таҳқиқи таъсири мутақобилаи макромолекулаҳо дар маҳлули концентратсияшуда усули титркунии турбидиметриқӣ метавонад усулҳои гаронбаҳои муайян кардани ТММ – и полимерҳо, ба монанди ХМЭБ, фаромиёнгузезонӣ (ультрацентрифугирование), нурпошӣ ва дигар усулҳои муосирро пурра кунад [4-А, 5-А].
6. Маълумоти гирифташуда метавонад ҳамчун асоси илмӣ дар таҳияи маводи композитсионӣ ва нанозарраҳо дар асоси инулин истифода шавад. Натиҷаҳои таҳқиқот оид ба таҳияи усули нави истихрочи инулин ва таҳлили хосиятҳои физикию кимиёвӣ ба физика ва кимиёи биополимерҳо ва маводҳои композитсионӣ дар асоси онҳо саҳми назаррас хоҳанд гузошт [1-А].

Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо

Инулин дар саноати хӯрокворӣ ва дорусозӣ истифода мешавад ва аз сабаби хосиятҳои беназири физиологии худ ҳамчун як чӯзӣ функционалии ғизо бештар истифода мешавад.

Вазифаҳои дар пешистода оид ба татбиқи натиҷаҳои кори диссертационӣ дар соҳаҳои гуногуни истифодаи инулин, аз қабилӣ бештар намудани хосиятҳои физикии компонентҳои хӯрокворӣ,

омузиши фаъолияти биологи ва ба сифати компонентҳои ғизои нави функционалиро дарбар мегиранд.

Дар Ҷумҳурии мо бисёр сабзавоти решадор (картошка, бехмеваи ноки заминӣ, бобуна, гули хайрӣ, навҳои гуногуни пиёз, зағута, парам, гли дегшикан, ревоч, анис ва гайра), растаниҳои дорои полисахаридҳои захиравӣ, монанди инулин парвариш карда мешаванд. Ин манбаъҳои бои ашёи хом имконият медиҳанд, ки бо истифода аз технологияи коркард шуда, истехсоли як қатор маҳсулотҳои профилактикӣ ва сузишвории биологӣ ташкил карда шавад. Дар ин рисола асосҳои назариявӣ ва роҳҳои омӯхтани механизми фаъолияти биологии полисахаридҳо ва истифодабарии онҳо дар саноати хурокворӣ ва дорусозӣ пешниҳод карда шудаанд, ки бешубҳа ба иқтисодиёти ҷумҳури саҳми калон хоҳад гузошт.

РҶҶҲАТИ АДАБИЁТ ДАР МАВЗҶИ РИСАОЛАИ ИЛМӢ

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

I. Мақолаҳо дар маҷаллаҳои тақризшаванда

[1-А]. Ашуров, А. И. Полисахариды из корнеклубней: выделение, свойства и применение/ А.И. Ашуров // Вестник филиала МГУ им М. В. Ломоносова в г. Душанбе. – 2022. – № 4(1). – С. 42-54.

[2-А]. Ашуров, А.И. Интенсификация процесса получения полисахаридов из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*) / А.И. Ашуров, А.С. Джонмуродов, З.К. Мухидинов, С.Р. Усманова, К. Партоев // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. – 2019. – № 3. – С. 208-213.

[3-А]. Ашуров, А.И. Характеристика полисахаридов из корней Эремурса Гиссарского (*Eremurus hissaricus*) методом ИК-Фурье спектроскопии / А.И. Ашуров, А.С. Джонмуродов, С.Р. Усманова, Ш.Е. Холов, З.К. Мухидинов // Изв. Вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021. – №11(2). – Р. 281-289. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-2-281-289>.

[4-А]. Ашуров, А.И. Самоагрегирующие свойства инулина, полученные различными методами / А.С. Насриддинов, **А.И. Ашуров**, Ш.Ё. Холов, И.Б. Исмоилов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов // Изв. Вузов Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 38–49. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-1-38-49>.

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

[6-А]. Ашуров, А.И. Полисахариды из корнеклубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*) / **А.И. Ашуров**, А.С. Джонмуродов, Мухидинов З.К., С.Р. Усманова, К. Партоев // Актуальная биотехнология. – 2019. – №3 (30). – С. 685–687.

[7-А]. Ашуров, А.И. Биологически активные компоненты корнеклубней эремуруса гиссарского (*E. hissaricus*) / **А.И. Ашуров**, С.Р. Усманова, Мухидинов З.К., Л.Ш. Лиу. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – №1 (361). – С. 35–38.

II. Мақолаҳо ва тезисҳо дар маҷаллаҳои конференсия

[8-А]. Ашуров, А.И. Полисахариды из Эремуруса Гиссарского (*Eremurus Hissaricus*). **А.И. Ашуров**, С.Р. Усманова, Султонмамад Г., Сафаров Е, Мухидинов З.К. // Актуальная биотехнология. – 2017. – №2 (21). – С.235–237.

[9-А]. Ашуров, А.И. Влияние процесса экстракции и концентрирования на выход и структуру инулина из топинамбура (*helianthus tuberosus*) / **Ашуров А.И.**, Джонмуродов А.С, Усманова С.Р., Насриддинов А.С., Мухидинов З.К. // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2022. – Т. 1. – № 1 (21). – С. 38–45

[10-А]. Ашуров, А.И. Исследование молекулярно-массового распределения инулина различного происхождения методом турбидимет-

рического титрования./ **Ашуров А.И.**, Шерова З.У., Насриддинов А.С., Усманова С.Р. Мухидинов З.К. // Материалы межд. конф. на тему “Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации”, посвя. 80-летию памяти чл.коор. НАНТ, доктора физ.мат.наук, прфессора Бобоева Т.Б., Душанбе. – 2022. – С. 196-199.

[11-А]. **Ашуров, А.И.** Строение водорастворимого полисахарида Эремуруса гиссарского (*Eremurus Hisсарicus*) / И.Б.Исмоилов, **А.И. Ашуров**, Дж.Т. Бобокалонов, З.К.Мухидинов, А.Hotchkiss. // XVII Нумановские чтения “Результаты инновационных исследований в области химических и технических наук.”, Душанбе. – 2022. – С. 169-172.

[12-А]. **Ашуров, А.И.** Получение полисахарида инулина из корнеклубней топинамбура (*helianthus tuberosus*) инновационным способом (флэш-методом) и исследование его физико-химических характеристик. / **И.А Ашуров.**, А.С.Джонмуродов, С.Р.Усманова, К. Партоев З.К. Мухидинов. // Материалы респ. научно-прак. Конф. – XVI Нумоновских чтений «Достижение химической науки за 30 лет государственной независимости Республики Таджикистан», Душанбе, 27-Октября – 2021. – С.114-117.

[13-А]. **Ашуров, А.И.** Анализ ИК-Фурье спектров олигосахаридов из растения *E. hisсарicus*, выращенных в разных условиях Таджикистана. / **И.А.Ашуров**, С.Гулмамад, А.С Джонмуродов., С.Р Усманова., З.К.Мухидинов. // Тезисы докладов участников Международной научной конференции, (Минск, 21 мая 2021 г.) – С. 29-30.

[14-А]. **Ашуров, А.И.** Характеристика олигосахаридов из растений *E. hisсарicus* ИК- спектроскопией / **А.И. Ашуров**, Ш.Р. Алиева, З.К. Мухидинов. // Материалы научно-практической конф. «XI Ломоносовские чтения» посвящённой 30-летию Государственной независимости Респ. Таджикистан. Душанбе 29-30 апреля – 2021. – С.38-42.

[15-А]. **Ашуров, А.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. Икромӣ,

З.К. Мухидинов. Технологии и продукты здорового питания: сборник статей XII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общей ред. Неповинных Н.В., Поповой О.М., Фатьянова Е.В. – Саратов: СГАУ. – 2021. – С. 581-585.

[16-А]. **Ашуров, А.И.** Инновационные процессы получения биополимеров из сельскохозяйственных отходов и их применение / И.Б. Исмаилов, **А.И. Ашуров**, З.У. Шерова, Т.С. Маликов, С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов// Респ. конференция «Роль химии в развитие экономики Узбекистана», Самарканд, 24-25 мая – 2018. – Ч. 2. – С. 4-5.

[17-А]. **Ашуров, А.И.** Bioactive components of the *Eremurus hissaricus*. / Usmanova S.R., **Ashurov A.**, Jonmurodov A.S., Muhidinov Z.K// Polysaccharide characterization.XII International Symposium " Actual problems of chemistry, biology and technology of natural compounds" (September 7-8, 2017 Tashkent). –P. 378.

Рӯйхати ихтисораҳо

АМИТ – Академияи Милии илмҳои Тоҷикистон

ХМБС- хроматографияи моеии баландсамар

ПУ- пардаи ультрафилтратсионӣ

ТММ- тақсимог аз рӯи вазни молекулавӣ

УА- усули анаънавӣ

УФ- усули флэш

ФРМДТН- флуоресентсияи рентгении мавҷҳои дисперсионии бо технологияи нав мучаҳазшуда

ЭЖХ- хроматографияи эксклюзионии моегӣ

NTU - воҳиди тиранокӣ

АННОТАЦИЯ

На автореферат диссертации **Ашурова Ашурбоя Илхомбоевича** на тему “Агрегирующие свойства инулина различного происхождения в разбавленном и концентрированном растворах” на соискание соискание учёной степени доктора PhD по специальности 6D060604 – физическая химия

Ключевые слова: инулин, фазовый состав, агрегация, молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, эксклюзионная жидкостная хроматография, ИК-Фурье спектроскопия, турбидиметрическое титрование.

Объекты исследования: клубни топинамбура, корни цикорый, инулин.

Методы исследования: флэш-метод экстракции полисахарида, ИК-Фурье спектроскопия, высокоэффективная эксклюзионная жидкостная хроматография (ВЭЭЖХ), турбидиметрическое титрование, рентгенофлуоресцентная спектроскопия.

Цель работы: исследование поведения макромолекулы инулина, полученного разными методами, механизма их самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством анализа гидродинамических свойств молекулярной массы и молекулярно-массового распределения (ММР).

Научная новизна работы: Получены новые результаты по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура; установлено, что сырой инулин, полученный традиционным и флэш методами (ТМ и ФМ) из местного сырья содержит примеси, такие как пектин, остатки белков и аминокислот, фенольные соединения; показано, что инулиновый экстракт также богат макро- и микроэлементами К, Mg, Ca, P, Fe и Zn и не содержит тяжёлые металлы; дана оценка ММР образцов инулина методами ВЭЭЖХ и турбидиметрического титрования: на основе интегральных и дифференциальных кривых ММР показано, что у образцов инулина из топинамбура присутствуют 3 макромолекулярные фракции (изо- формы), которые в отдельности

имеют узкое ММР; представлена гипотеза о структурной реорганизации макромолекулы инулина при экстракции и концентрировании раствора, т.е. склонности к самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством меж- и внутримолекулярными взаимодействиями, на основе данных ММР и ИК-спектров.

Практическая значимость работы: Разработан оптимальный способ экстракции инулина из растительного сырья. Показано, что для получения качественного инулина, предназначенного для пищевых и профилактических целей, предпочтительно использовать флэш-метод экстракции, чем традиционный метод за длительное время. Установлено, что фракции меньшего размера инулина образуют четко определенные супрамолекулярные сборки, в то время как большие фракции собираются в аморфные агрегаты – микрогели. Эти данные будут полезными при разработке и получении материалов в области нанотехнологий и материаловедения.

Основные положения, выносимые на защиту: Установление строения биополимерного и минерального состава экстрагированного инулина; Получение новых результатов по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура; Оценка молекулярной массы и ММР образцов инулина; Защита гипотезы о структурном формировании инулина в водном растворе, посредством меж- и внутримолекулярными взаимодействиями.

Публикация и апробация работы: Основное содержание диссертационной работы отражено в 17 публикациях, в том числе 3 статьи в журнале международной базы «Scopus», 4 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ И РГ, 6 тезисов докладов в международных конференциях и 4 тезиса докладов в республиканских конференциях. Основные результаты работы доложены на республиканских и международных конференциях.

АННОТАТСИЯ

ба автореферати рисолаи илмии **Ашуров Ашурбой Илхомбоевич** дар мавзӯи “Хусусиятҳои агрегативии инулини пайдоиши гуногун дар маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда” барои дарёфти унвони илмии доктори PhD аз рӯи ихтисоси 6D060604 – химияи физикӣ

Вожаҳои калидӣ: инулин, таркиби фазавӣ, агрегатсия, вазни молекулавӣ, тақсмоти молекулавӣ-массавӣ, хроматографияи моеъии эксклюзионӣ, спектроскопияи ИК-Фурйе, титркунии турбидиметрикӣ.

Методҳои пажӯҳиш: усули флеш-истихроҷи полисахарид, спектроскопияи ИК-Фурйе, хроматографияи моеъии эксклюзионии баландсама (ХМЭБ), титркунии турбидиметрикӣ, спектроскопияи рентгенофлуоресентӣ.

Навоари илмии кор: натиҷаҳои нав аз рӯи параметрҳои сохторӣ ва молекулавии инулин аз бехмеваи ноки заминӣ ба даст оварда шуданд; муайян карда шуд, ки инулини хом, ки бо усулҳои анъанавӣ ва флеш (УА ва УФ) аз ашёи хоми маҳаллӣ ба даст оварда шудааст, дорои омехтаҳои ба монанди пектин, боқимондаҳои сафедаҳо ва аминокислотаҳо, пайвастаҳои фенол мебошад; нишон дода шудааст, ки афшураи инулин инчунин бо макро-ва микроэлементҳои К, Mg, Са, Р, Fe ва Zn бой аст ва металлҳои вазнин надорад; арзёбии ТММ - и намунаҳои инулин бо усулҳои ХМЭБ ва турбидиметрикӣ гузаронида шуд: дар асоси қачҳои интегралӣ ва дифференсиалии ТММ нишон дода шуд, ки дар намунаҳои инулин аз ноки заминӣ 3 фраксияи макромолекулярӣ (изо шакл) мавҷуданд, ки алоҳида ТММ-и танг доранд; фарзия дар бораи агрегатсия (азнавташқилдиҳии) сохтори макромолекулаи инулин ҳангоми истихроҷ ва концентратсияи маҳлул, яъне майл ба худташқилдиҳӣ дар маҳлулҳои омехташуда ва концентратсияшуда тавассути таъсири мутақобилаи байнимолекулавӣ ва дохилимолекулавӣ, дар асоси маълумоти ТММ ва спектрҳои инфрасурх пешниҳод карда шуд.

Аҳамияти амалии рисолаи илмӣ: Усули беҳинаи истихрочи инулин аз ашёи хоми растаи таҳия карда шуд. Нишон дода шуд, ки барои ба даст овардани инулини босифат, ки барои мақсадҳои ғизоӣ ва пешгирикунанда пешбинӣ шудааст, истифодаи усули истихрочи флеш нисбат ба усули анъанавии дарозмуддат афзалтар аст. Муқаррар карда шуд, ки фраксияҳои хурдтари инулин маҷмӯаҳои супрамолекулавии дақиқ муайяншударо ташкил медиҳанд, дар ҳоле ки фраксияҳои калон дар агрегатҳои аморфӣ микрогелҳо чамъ мешаванд. Ин маълумот дар таҳия ва ба даст овардани мавод дар соҳаи нанотехнология ва маводшиносӣ муфид хоҳад буд.

Ҳолатҳои асосии барои ҳифз пешниҳодшаванда: Муқаррар кардани сохтори таркиби биополимерӣ ва минералии инулини истихрочшуда; ба даст овардани натиҷаҳои нав аз рӯи параметрҳои сохторӣ ва молекулавии инулин аз беҳмеваи ноки заминӣ. Арзёбии массаи молекулавӣ ва ТММ – и намунаҳои инулин; ҷимояи фарзия дар бораи ташаккули сохтории инулин дар маҳлули обӣ, тавассути таъсири мутақобилаи байнимолекулавӣ ва дохилимолекулавӣ.

Интишорот ва баррасии натиҷаҳои кор: Аз рӯи натиҷаҳои тадқиқот 17 кори илмӣ, аз ҷумла 3 мақола дар маҷаллаҳои Пойгоҳи байналмилалӣ “Scopus”, 3 мақола дар маҷаллаҳо аз рӯйхати КАО назди Президенти ҚТ, 6 тезиси ҳисоботҳо дар маводҳои конфронсҳои байналмилалӣ ва 4 тезиси ҳисоботҳо дар маводҳои ҷумҳуриявӣ нашр шудааст. Натиҷаҳои асосии кор дар конфронсҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ баррасӣ ва мавриди таҳқиқ қаро дода шуд.

ANNOTATION

for the abstract of the dissertation of Ashurov Ashurboy Ilhomboevich on the topic “Self aggregating properties of inulin of various origins in dilute and concentrated solutions” for the scientific degree of PhD in specialty 6D060604 - physical chemistry

Key words: inulin, phase composition, aggregation, molecular weight, molecular weight distribution, size exclusion liquid chromatography, Fourier transform infrared spectroscopy, turbidimetric titration.

Objects of research: Jerusalem artichoke tubers, chicory roots, inulin.

Research methods: flash polysaccharide extraction method, Fourier transform infrared spectroscopy, high performance exclusion liquid chromatography (HPESLC), turbidimetric titration, X-ray fluorescence spectroscopy.

Aim of the work: to study the behavior of the inulin macromolecule obtained by different methods, the mechanism of their self-organization in dilute and concentrated solutions by analyzing the hydrodynamic properties of molecular weight and molecular weight distribution (MWD).

Scientific novelty: New results were obtained on the structural and molecular parameters of inulin from Jerusalem artichoke tubers; It has been established that raw inulin obtained by traditional and flash methods (TM and FM) from local raw materials contains impurities such as pectin, protein and amino acid residues, phenolic compounds; it has been shown that inulin extract is also rich in macro- and microelements K, Mg, Ca, P, Fe and Zn and does not contain heavy metals; The MWD of inulin samples was assessed by HPLC and turbidimetric titration methods: based on the integral and differential MMD curves, it was shown that inulin samples from Jerusalem artichoke contain 3 macromolecular fractions (isoforms), which individually have a narrow MWD; a hypothesis is presented about the structural reorganization of the inulin macromolecule during extraction and concentration of the solution, i.e. tendency to self-organization in dilute and concentrated

solutions through inter- and intramolecular interactions, based on MMD and IR spectra data.

Practical significances: An optimal method for extracting inulin from plant materials has been developed. It has been shown that to obtain high-quality inulin intended for food and prophylactic purposes, it is preferable to use the flash extraction method than the traditional method over a long time. It has been established that smaller fractions of inulin form well-defined supramolecular assemblies, while larger fractions are collected in amorphous aggregates – microgels. These data will be useful in the development and production of materials in the field of nanotechnology and materials science.

The main provisions submitted for defense: Establishment of the structure of the biopolymer and mineral composition of extracted inulin; Obtaining new results on the structural and molecular parameters of inulin from Jerusalem artichoke tubers; Assessment of molecular weight and MWD of inulin samples; Defense of the hypothesis about the structural formation of inulin in aqueous solution through inter- and intramolecular interactions.

Publications and approbation of the work: The main content of the dissertation work is reflected in 17 publications, including 3 articles in the journal of the international database “Scopus”, 4 articles in journals from the List of Higher Attestation Commissions of the Russian Federation and the Republic of Tatarstan, 6 abstracts of reports in international conferences and 4 abstracts of reports in republican conferences. The main results of the work were reported at republican and international conferences.

Подписано в печать ____ . 2023. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,5. Тираж ____ экз. Заказ №__.

ООО “ЭР-граф”.
734036, г. Душанбе, ул. Р. Набиева, 218.
Тел.: (+992 37) 227-39-92. E-mail: rgraph.tj@gmail.com