



«Утверждаю»
Ректор Технологического
Университета Таджикистана
Амонзода И.Т.
2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Ашурова Ашурбоя Илхомбойевича на тему: «Агрегирующие свойства инулина различного происхождения в разбавленном и концентрированном растворах» на соискание ученой степени доктора PhD по специальности 6D060604 – физическая химия

Диссертация и автореферат Ашурова Ашурбоя Илхомбойевича на тему: «Агрегирующие свойства инулина различного происхождения в разбавленном и концентрированном растворах» на соискание ученой степени доктора PhD по специальности 6D060604 – физическая химия поступили в Технологический университет Таджикистана (ТУТ) из диссертационного совета 6D.KOA–010 при Таджикском национальном университете.

Представленные материалы были обсуждены на расширенном заседании научного семинара кафедры химии Технологического университета Таджикистана, протокол № 4 от 14 декабря 2023 года.

Диссертационная работа Ашурова А.И. выполнена в лаборатории «Химия высокомолекулярных соединений» Института химии имени В.И. Никитина НАН Таджикистана под руководством доктора химических наук, профессора Мухидинова Зайниддина Камаровича и рассматривает разработку и научное обоснование технологии получения инулина из растения топинамбура, исследование его физико-химических свойств в разбавленном и концентрированном растворах.

Заслушав и обсудив представленную работу, научный семинар кафедры химии ТУТ сделал следующее заключение по работе.

1. Актуальность работы

В настоящее время производство функциональных продуктов питания становится одним из самых актуальных и перспективных направлений в пищевой промышленности. Многие производители пищевой продукции расширяют свой ассортимент профилактических изделий за счет добавления в них различных функциональных ингредиентов, таких как пищевые волокна, из которых наиболее известным и широко используемым является

инулин. Инулин – это полисахарид растительного происхождения, причем для человека он является эффективным пребиотиком, так как хорошо растворяется в воде, не переваривается пищеварительными ферментами и поэтому может в полной мере быть использован кишечной микрофлорой.

Также как пребиотик инулин находит широкое применение в качестве биологически активной добавки к пище. Потребление инулина с пищей обеспечивает создание оптимальных условий для роста и развития нормальной микрофлоры кишечника и повышает устойчивость пищеварительной системы к бактериальным и вирусным инфекциям. Известно о профилактических свойствах инулинсодержащего сырья для больных диабетом. Такое сырье способно повысить иммунозащитные свойства организма человека. Создание пищевых продуктов на основе инулинсодержащего растительного сырья позволит обеспечить население функциональным питанием противодиабетического характера.

Наибольшее содержание инулина обнаруживается в корнях таких растений семейства *Asteraceae*, как *Arctium sp.* (лопух), *Cichorium sp.* (цикорий), *Taraxacum sp.* (одуванчик), *Smallanthus sp.* (якон), *Inula sp.* (девясил) и других. В промышленных масштабах инулин получают из цикория, топинамбура и агавы. Основным источником инулина в нашей стране являются корнеклубни растений топинамбура и цикория. В Таджикистане имеется большой спрос на инулин, однако данное пищевое волокно в нашей стране в промышленных масштабах практически не производится.

В связи с этим, запуск заводов по производству инулина из растительного сырья является очень перспективным для нашей страны. Более того, актуальность темы диссертационной работы Ашурова А.И. обусловлена необходимостью точной экспериментальной оценки физико-химических характеристик физиологически важного полимера, с применением современных методик молекулярного и спектрального анализа, высокоэффективных хроматографических методов, что не вызывает сомнений.

2. Цели и задачи диссертационной работы

Цель работы заключается в исследовании 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 диссертантом 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.

3. Соответствие темы диссертационной работы паспорту научной специальности.

Диссертационная работа Ашурова А.И. направлена на физико-химические исследования процесса получения инулина из клубней топинамбура новым флэш-экстракционным методом и поведение инулина в разбавленном и концентрированном растворах. Основная часть диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 6D060600 Химия (6D060604 физическая химия) по пунктам:

- Экспериментальное определение и расчет параметров молекул и пространственной структуры веществ;
- Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия;
- Физико-химические основы процессов химической технологии.

Результаты данного исследования нацелены на получение новых источников биополимеров для развития фармации и обеспечения продовольственной безопасности страны.

4. Структура, содержание и основные результаты работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка цитируемой литературы, содержащей 261 наименование. Общий объём диссертации составляет 157 страницы, в том числе 20 рисунков и 16 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, кратко изложены предмет исследований и структура диссертации, сформулированы цель и задачи работы, определена научная новизна и практическая значимость проведённых исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту, оценён личный вклад автора.

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 и турбидиметрическим титрованием.

Основные результаты работы приводятся в третьей главе: в разделах 3.2.1 - 3.2.3, приведены данные по выделению и очистке полисахарида из корнеклубней топинамбура. 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 демонстрируются результаты структурного исследования инулина, полученные тремя способами с помощью ИК-Фурье спектров; **в разделе 3.3.2** приведён анализ молекулярной массы и гидродинамических свойств инулина; **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.

5. Научная новизна и практическая значимость работы

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

- получены новые результаты по структурным и молекулярным параметрам инулина из клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus*);
- 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 ВЭЖХ 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;

- на основе данных ММР и ИК спектров выдвинута гипотеза о структурной реорганизации макромолекулы инулина при экстракции и концентрировании раствора, т.е. склонности к самоорганизации в разбавленном и концентрированном растворах посредством меж- и внутримолекулярных взаимодействий.

Практическая значимость. Разработан способ экстракции инулина из растительного сырья. Утверждается, что для получения качественного инулина, предназначенного для пищевых и профилактических целей, предпочтительнее использовать флэш-метод экстракции, чем традиционный метод из-за длительности времени процесса. Установлено, что фракции меньшего размера инулина образуют четко определенные супрамолекулярные сборки, в то время как большие фракции собираются в аморфные агрегаты микрогели. Полученные данные будут полезными при разработке и получении материалов в области нанотехнологий и материаловедения.

Эти 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.

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций работы Ашурова А.И. не вызывают сомнений. Полученные в работе выводы и рекомендации основаны на глубоком анализе современной научной литературы, данных, предшествующих исследованиям по теме диссертации. Работа выполнена на высоком методическом уровне с использованием современных методов исследования, таких как ИК-Фурье спектроскопия, многоугловое лазерное светорассеяние (МУЛС), турбидиметрия и на уникальных приборах известных компаний Waters, Wyatt Technology и НАСН (США), Perkin Elmer (Швейцария) и др.), а также хорошим воспроизведением результатов исследований с применением статистических методов анализа. Научные положения, выводы и практические рекомендации полностью обоснованы и подтверждены результатами, полученными в ходе исследования.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 17 публикациях, в том числе опубликовано 3 статьи в журналах международной базы «Scopus», 4 статьи в журналах из Перечня ВАК при Президенте РФ и ВАК РФ, 6 тезисов докладов на международных

конференциях и 4 тезиса докладов на республиканских конференциях. Выводы составлены грамотно и полностью подтверждают, что поставленные задачи выполнены.

Автореферат соответствует по своему содержанию диссертации и отражает её основные положения. Сопоставление целей и задач работы с выводами позволяет заключить, что эти основополагающие моменты диссертационного исследования достигнуты.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для реализации предприятиям пищевой промышленности и общественного питания РТ. 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.

Данная работа предлагает теоретическую основу и пути для изучения механизма биоактивности полисахаридов и их применения в пищевой и фармацевтической промышленности, что, несомненно, вносит устойчивый вклад в экономику республики.

В заключении на основе анализа и обобщения результатов сформулированы основные выводы. Отдельно приведен список литературы.

8. Замечания по диссертационной работе.

1. В третьей главе, в разделах 3.1 - 3.3 приведены данные по выделению и очистке инулина (А и Б) из корнеклубней топинамбура, однако по инулину С, выделенного из цикория такие данные отсутствуют.

2. Автором при обсуждении структурной организации инулина в разбавленном и концентрированном растворах (раздел 3.3) утверждается, что новые изформы инулина формируются за счет водородных связей, однако участие гидрофобных и внутримолекулярных связей не учитывается.

3. На наш взгляд, было бы более весомым результатом работы, если автор включил в новизну и выводы и данные по содержанию полифенольных соединений, которые в настоящее время являются перспективными.

4. В работе приведено много экспериментальных результатов, которые не систематизированы и обработаны одинаково и скрупулёзно.

5. Имеются некоторые технические, а местами стилистические и грамматические ошибки.

6. В качестве рекомендации по применению полисахаридов из

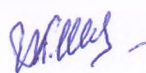
корнеклубней растений, произрастающих в Таджикистане, предлагаем автору в будущем (также были согласны с этим вопросом и другие присутствующие коллеги на научном семинаре) провести совместные работы по включению инулина в пищевые продукты.

Указанные замечания никак не умаляют достоинство работы, выполненной на должном уровне.

9. Заключение. Таким образом, на основании анализа использованных методов исследования, полученных результатов можно сделать заключение, что диссертационная работа Ашурова Ашурбоя Илхомбойевича на тему: «Агрегирующие свойства инулина различного происхождения в разбавленном и концентрированном растворах» на соискание ученой степени доктора PhD по специальности 6D060604 –физическая химия, полностью удовлетворяет критериям раздела 3 п. 31, 33-37 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан в редакции от 26.06.2023 №295, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора PhD по специальности 6D060604 –физическая химия.

Диссертационная работа обсуждена на расширенном заседании научного семинара кафедры химии Технологического университета Таджикистана 14 декабря 2023 года, протокол №4, где диссертантом были изложены основные положения диссертационной работы. Участвовали 16 человек. Голосовали: «За» - 16, «Против» - нет, «Воздержавшихся» - нет.

Председатель, заведующий кафедрой химии,
кандидат химических наук, доцент



Шарипова М.Б.

Эксперт,
к.х.н., доцент



Икромии М.Б.

Секретарь



Абдуллоева Х.Ф.

734060, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева 63/3

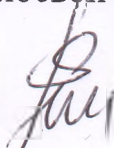
Тел. (+992-37) 234-7988

Факс: +992(372)347988

E-mail: rektorat-tut@mail.ru

Подписи Шариповой М.Б., Икромии М.Б. и Абдуллоевой Х.Ф. заверяю:

Начальник ОК и специальных работ
Технологического университета Таджикистана



Бухориев Н.А.