

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Икроми Хуршеда Икрома «Инновационные технологические процессы получения пектинов и их пищевых композитов с белками», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

### **Актуальность работы диссертации.**

С развитием науки и технологий агропромышленные отходы перерабатываются в различные продукты с добавленной стоимостью для удовлетворения потребностей растущего населения. В последние годы природным полимерам уделяется большое внимание, поскольку их легко превращать в продукты с добавленной стоимостью. Среди различных природных полимеров, пектин занял важное место благодаря разнообразным фармацевтическим и терапевтическим применениям. Потребность в пектинах растет с каждым годом, однако разрыв между производством и спросом неуклонно увеличивается.

Существует несколько методов экстракции пектинов, включая кислотную экстракцию, выделение с помощью ферментов, электромагнитно-индукционный нагрев, микроволновую и ультразвуковую экстракцию. Экстракция пектина – это процесс, который включает физико-химический гидролиз и экстракцию макромолекул пектина из тканей растений под воздействием различных факторов, включая температуру, рН и время экстракции. Первым шагом является растворение протопектина из клеточных стенок растений, за которым следует вторая реакция гидролиза, в ходе которой пектин разлагается, что снижает выход его при более длительном времени экстракции. После экстракции неочищенный пектиновый экстракт отделяют фильтрацией, центрифугированием, осаждением спиртом или осаждением солью поливалентного металла, например, алюминия.

Полученный осадок промывают спиртом, прессуют для удаления растворимых примесей, затем сушат и измельчают для получения порошкообразного пектина.

Производство пектина многими компаниями строится, как описано выше, но в настоящее время из-за новых требований к окружающей среде и безопасности производства необходимо искать альтернативный процесс производства пектина, что является целью диссертационной работы Икромии Х.И.

Кроме того диссертационное исследование Икромии Хуршеда Икромии также связано с зелеными технологиями – переработки промышленных отходов овощей и фруктов с целью получения пектиновых полисахаридов, а также и выделения белков (зеина и лактоглобулинов) из кукурузной муки и из вторичного молочного сырья (молочной сыворотки), и создании на их основе композиционной системы доставки биологически активных и лекарственных веществ.

#### **Степень обоснованности и достоверности основных научных положений, выводов и рекомендаций.**

Научные положения и выводы, сформулированные в работе, достаточно обоснованы с научной и технической точки зрения и основаны на результатах проведенных расчетных и экспериментальных исследований. Обоснованность полученных соискателем результатов и выводов подкреплена достаточным количеством экспериментального материала, теорией, полным и критическим анализом существующей по данному вопросу литературы, применением современных и надежных физико-химических, аналитических статистических методов анализа и апробацией полученных результатов.

Достоверность результатов, представленных в диссертационном исследовании, не вызывает сомнений. Экспериментальные исследования проводились на соответствующем уровне с использованием ряда методов аналитического контроля, необходимых для проведения экспериментов. Разработанные технические решения, которые имеют практическую ценность,

защищены патентами (2 патента) и внедрены в производство (3 акта внедрения и 1 экспертное заключение).

Основные положения диссертации освещались и обсуждались на международных и республиканских научных симпозиумах и конференциях. Основное содержание диссертации опубликовано в 72 публикациях, в том числе 10 в научных публикациях, включенных в сводную базу данных Web of Science и Scopus, 37 в рецензируемых научных публикациях из списка Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, 2 патента РТ на изобретения, 28 тезисов докладов на международных конференциях, 5 тезисов докладов на республиканских конференциях.

#### **Научная новизна, практическая ценность и реализация результатов работы.**

Научная новизна и практическая значимость исследования соответствуют уровню, требуемому для докторской диссертации. Автором впервые детально исследованы процессы гидролиз-экстракции пектинов из фруктовых выжимок с применением нового быстрого гидролиза-экстракции (флеш) и противоточным методом (динамический метод) для корзинки подсолнечника (КП), предложены процессы диаультрафильтрационная (ДУФ) очистка и концентрирование пектинового гидролизата, с использованием современных методов определены структуры, физико-химические и гидродинамические свойства экстрагированных пектинов, установлены реологические свойства пектиновых гелей. Установлено, что конформационные изменения пектиновых макромолекул в значительной степени зависят от степени этерификации карбоксильных групп; исследованы гелеобразующие свойства пектинов с ионами металлов, что является важным при создании носителей лекарственных препаратов, устойчивых к преждевременному высвобождению лекарственных веществ в верхних отделах ЖКТ.

Автором разработаны инновационные технологические процессы получения пектинов, обеспечивающие эффективность и экологическую

безопасность производства из различных источников растительного сырья с определенными физико-химическими свойствами. Разработана и внедрена в производство ДУФ очистка пектина и концентрирование пектинового гидролизата. Рассчитана сравнительная экономическая эффективность производства пектина по существующей и предлагаемой новой с использованием ДУФ технологиям.

Разработана информационно-логическая модель технологического процесса производства пектина из яблочных выжимок новым методом и схема управления технологическим процессом производства пектинов, что позволяет автоматизировать процессы производственного цикла в зависимости от вида и качества исходного сырья.

Предложены методы выделения концентрата лактоглобулинов и лактозы из молочной сыворотки с использованием сочетания методов центрифугирования и ультрафильтрации, что позволит производить функциональные продукты.

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

Следует подчеркнуть, что исследование проведено на достаточном объёме экспериментальных наблюдений с использованием современных методов исследования, что свидетельствует о достоверности полученных результатов. Выводы обоснованы, соответствуют целям и задачам, поставленным в исследовании. Практические рекомендации конкретны. На основе проведённых исследований опубликовано 37 научных работ, в том числе 10 статей в зарубежных рецензируемых научных журналах с высоким импакт фактором.

Автореферат достаточно полно отражает суть диссертационной работы, соответствует установленным требованиям. Автореферат оставляет хорошее

впечатление своей лаконичностью, четким и ясным изложением основных положений и результатов исследований.

### **Оценка содержания диссертации, её $\approx$ завершенности.**

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

**В первой главе** диссертационной работы «Литературный обзор» представлена общая информация о новых источниках и инновационных методах получения пектиновых полисахаридов (ПП), оценивается сложность проведения процессов гидролиза ПП из клеточной стенки растений в зависимости от многочисленных факторов, связанных с параметрами реакции гидролиза, а также видов, сортов и степенью зрелости растений. Указаны преимущества мембранных методов разделения смесей для выделения ПП. Дан обзор работ по моделированию и проведению инженерных расчетов для оптимизации параметров более сложных процессов технологии ПП. Рассмотрены проблемы комплексной переработки молочной сыворотки, в частности, в Республики Таджикистан. Приведены исследования полипептидного состава и агрегирующих свойств зеина, а также его применения в составе микросфер для направленного транспорта лекарственных средств. Изучен механизм гелеобразования низкометилированного пектина (НМ-пектина) в растворе и его гелеобразующие свойства с ионами поливалентных металлов. Проведен подробный обзор исследований о возможности создания функциональных пищевых продуктов с заданными физико-химическими показателями на основе биосовместимых природных материалов – полисахаридов и белков.

**Во второй главе** «Объекты и методы исследования» приводятся характеристики и способы подготовки исходного сырья, материалов, реагентов и методики проведения исследования.

**В третьей главе** автором представлены собственно результаты диссертационного исследования. Описаны результаты, полученные: флеш-способом гидролиза пектинов из различных местных сырьевых ресурсов и их

сравнительные количественные и качественные характеристики с традиционным способом; динамическим методом получения пектинов и сравнительный анализ их характеристик с известным методом гидролиза в статическом режиме; ДУФ очисткой и концентрированием пектинового гидролизата.

Дана сравнительная оценка структуры и качества пектина, очищенного традиционным и ДУФ методами с использованием спектров ЯМР, установлено предпочтительность процесса ДУФ, при котором из пектиновых растворов удаляются больше свободных (моносахаридов и другие низкомолекулярные балласты) примесей, которые отрицательно сказываются на качества пектина.

Рассчитана экономическая эффективность производства пектинов традиционным и инновационными методами, т.е. приводится сравнительный анализ расходов сырья, энергии и продолжительности производственного цикла на 1 кг пектина разными технологиями.

Демонстрируется процедура построения математической модели технологических процессов производства пектина: гидролиза-экстракции пектина флеш-способом и УФ-концентрирования и очистки пектиновых полисахаридов.

Описаны результаты выделения и концентрирования сывороточных белков с применением мембранных методов и НМ-пектином, выделения и характеристика зеина, гелеобразующих свойств НМ-пектина с ионами кальция в концентрированных растворах и факторов, влияющих на реологические свойства желе. Дана сравнительная оценка способов очистки (спиртовое осаждение и ДУФ) на основные параметры и прочность геля НМ-пектинов.

Приведены результаты процессов образования пектин-зеин комплексов и их свойства, определены оптимальные условия получения инкапсулированного лекарственного комплекса на основе природных биополимеров – пектина и зеина, а также продемонстрирована кинетика высвобождения активного вещества – пироксикама из СДЛ на основе биополимерных микросфер в условиях, моделирующих ЖКТ, позволивших установить некоторые кинетические особенности данных систем.

**Четвертая глава** посвящена обсуждению полученных результатов. Автор корректно обобщает и сопоставляет полученные результаты проведенных исследований с данными опубликованных работ других специалистов, посвященных исследуемой проблеме.

Последовательно автором обсуждаются результаты инновационных технологических процессов выделения, очистки и концентрирования ПШ, разработки динамического метода получения пектинов из корзинки подсолнечника, исследований процессов ДУФ очистки и концентрирования пектинового гидролизата, оценки качества пектинов с применением методов 1D и 2D ЯМР-спектроскопии, разработки математической модели процесса гидролиза-экстракции и очистки пектинов и разработки метода выделения концентрата лактоглобулинов. Автором по полученным результатам моделирования и оптимизации физико-химических параметров отдельных процессов производства ПШ и разработанной принципиальной схемы автоматического управления технологических процессов предлагается разработанная программа для возможного запуска промышленного производства пектина. По полученным результатам гелеобразования НМ-пектинов с ионами кальция в разбавленном и концентрированном растворах предлагается использовать значения показателя полидисперсности ( $M_z/M_w$ ), отражающего степень молекулярной агрегации, что впервые позволило определить новый фактор, влияющий на прочность студня. И наконец, демонстрируется разработка условий получения комплексов на основе пектина и зеина с инкапсулированным средством, устойчивых к действию среды желудка.

**В приложении** представлены результаты внедрения работы в виде подписанных актов испытанья.

#### **Замечания и вопросы по диссертационной работе.**

Несмотря на полученные результаты в работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. Диссертация, на мой взгляд, охватывает слишком широкую область исследований, от экстракции пектинов до их конкретной реализации, что можно было разделить на две части.

2. В диссертационной работе использовались различные источники сырья при гидролизе-экстракции пектинов, но в процессе очистки были исследованы два вида пектина (яблочный и подсолнечный), почему?

3. По мнению автора, был обоснован и предложен метод выделения концентрата лактоглобулинов из МС, но почему не был получен патент на предлагаемый автором новый способ.

4. Из данных автореферата невозможно точно определить научную основу выбора флеш-способа для фруктовых пектинов и динамического метода для подсолнечника. Было бы целесообразно резюмировать эти данные в автореферате и сравнить эти методы с известными методами.

5. В разделе 3.5 на стр. 204 диссертации даются результаты образования пектин-зеиновых комплексов, однако какие-либо доказательные данные отсутствуют при обсуждении результатов в главе 4.

6. Учитывается ли влияние применения дорогостоящих оборудований в технологии производства пектина, в данном исследовании мембранного фильтра и колончатого экстрактора, на производственные затраты?

Указанные замечания не снижают общую оценку и ценность работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением «Порядка присуждения ученых степеней».**

Основываясь на вышесказанном, я считаю, что диссертационная работа Икроми Х. И. «Инновационные технологические процессы получения пектинов и их пищевых композитов с белками» представляет собой актуальную и законченную научно-квалификационную работу, в которой дается решение научно-практической задачи, связанной с разработкой инновационных технологических процессов получения пектинов и функциональных пищевых продуктов. Диссертация по предмету исследования, целью и задачам, научной

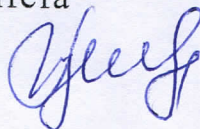


новизне, методам исследования, содержанию и полученных обоснованных результатов соответствует паспорту специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств по пп. 1-3.

Представленная диссертационная работа отвечает всем критериям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с положением «Порядка присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 г. № 267 (в редакции постановления Правительства РТ от 26.06.2023 г. № 295), а автор работы, Икром Хуршед Икром, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

**Официальный оппонент,**

Доктор технических наук, и. о. профессора  
кафедры теплотехники и теплоэнергетики  
Таджикского технического университета  
имени академика М.С. Осими

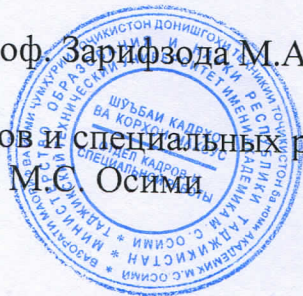


Зарифзода Мохира Абдусалом  
11 июня 2024 года

734042, проспект академиков Раджабовых 10,  
г. Душанбе, E-mail: [info@ttu.tj](mailto:info@ttu.tj), Тел.: + 992 (372) 21-35-11

Подпись д.т.н., и.о. проф. Зарифзода М.А. удостоверяю:

Начальник отдел кадров и специальных работ  
ТТУ имени академика М.С. Осими



Кодирзода Н.Х.