

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Исмаилова Ленара Юнусовича «Повышение эффективности процесса экстракции неплодовых частей облепихи посредством предварительного замораживания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины

### **Актуальность темы выполненной работы**

Диссертационная работа Исмаилова Ленара Юнусовича посвящена разработке технологических решений, способствующих повышению эффективности извлечения биологически активных экстрактивных веществ из неплодовых частей облепихи, основанных на предварительном замораживании растительного сырья.

Развитие современного общества неотъемлемо сталкивается с вопросами увеличения промышленного производства и вовлечения новых ресурсов в производственный процесс. Не являются исключением в данном случае фармацевтическая, пищевая и косметическая промышленности. Набирающая популярность «натуральной» продукции, полученной из возобновляемого растительного сырья, тесно сопряжена с вопросами рационального природопользования. Это подразумевает разработку новых и совершенствование имеющихся технологий, способствующих снижению образующихся отходов, увеличению эффективности экстракции, получению новых ценных продуктов. Необходимость проведения такого рода исследовательских работ подтверждает **актуальность** выбранной Исмаиловым Л.Ю. темы диссертации.

Одним из перспективных источников биологически активных соединений выступает облепиха, ягоды которой содержат каротиноиды, витамины, флавоноиды, фитостерины и т.д. Процесс культивирования данного растения сопровождается образованием в качестве отхода листьев, коры и побегов, которые также могут содержать в своем составе ценные компоненты. Применение данного отхода в качестве сырья в промышленном производстве имеет ряд ограничений, заключающихся в недостаточной изученности состава экстрактивных веществ и отсутствии промышленных способов эффективного их извлечения. Диссертационное исследование Ленара Юнусовича было ориентировано на устранение указанных пробелов.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертационная работа Исмаилова Ленара Юнусовича на тему «Повышение эффективности процесса экстракции неплодовых частей облепихи

посредством предварительного замораживания» является логически завершенной, построена традиционным способом, характерным для кандидатских диссертаций.

Диссертация Исмаилова Л.Ю. изложена на 186 страницах и включает введение, обзор литературы и три главы результатов и их обсуждения, заключение, список использованной литературы и приложение. Работа включает 54 рисунка, 14 таблиц, в списке цитируемой литературы 241 источник.

Содержание диссертации соответствует в полной мере теме и раскрывает ее на должном теоретико-методологическом уровне, отвечающем уровню кандидатских диссертаций.

Во введении автором обосновывается актуальность темы диссертации, поставлены цель и задачи работы, указаны основные вопросы, выносимые на защиту, приведен перечень конференций и семинаров, на которых апробировалась работа.

В первой главе проанализирована терапевтическая ценность биологически активных веществ облепихи, рассмотрено технологическое и аппаратное оформление процессов экстракции неплодовых частей облепихи, а также представлен обзор исследований в области повышения эффективности процессов извлечения ценных компонентов из растительного сырья. Значительное количество исследованных автором зарубежных литературных источников свидетельствует о глубоком изучении диссертантом современного состояния решаемой научной задачи.

Во второй главе диссертантом описана физическая картина процесса экстракции неплодовых частей облепихи с предварительным замораживанием исходного сырья, представлена математическая модель предлагаемого способа экстракции в виде взаимосвязанных математических описаний стадий замораживания, пропитки нагретым экстрагентом и непосредственно этапа экстракции. Стоит отметить, что представленное математическое описание логически выстроено и отражает специфику происходящих явлений.

В третьей главе диссертант определил физические параметры отдельных неплодовых частей облепихи, которые влияют на процесс экстракции. Все экспериментальные данные физических показателей неплодовых частей облепихи определены впервые и могут быть использованы в технологических расчетах экстракции неплодовых частей облепихи, что, несомненно, является подтверждением прикладного значения диссертационной работы. Также были продемонстрированы результаты экспериментальных исследований в области определения эффективного гидромодуля, вида растворителя и влияния стадии замораживания на процесс экстракции. Определены коэффициенты диффузии экстрактивных веществ через стенку поры и значения коэффициентов стесненной диффузии. В настоящее время достоверные данные об указанных показателях отсутствуют в литературных и справочных источниках. Представлены математические модели процессов замораживания, пропитки и оттаивания, экстракции. Данные математического моделирования подтверждены

экспериментальным путем и позволили определить оптимальные временные параметры отдельных стадий процесса. Полученные автором результаты сопровождаются обсуждением и аргументированы выводами, что облегчает восприятие и понимание диссертационной работы.

В четвертой главе представлен анализ выхода экстрактивных веществ относительно сезона срезки облепихи. Определен химический состав неплодовых частей облепихи. Также автором представлена технологическая схема процесса экстракции неплодовых частей облепихи и разработана пилотная экстракционная установка. Произведен расчет, подтверждающий энергетический и экономический эффект внедрения предлагаемой технологии.

В заключении работы по итогам проведенных теоретических и экспериментальных исследований автором сформулированы основные выводы, отмечена реализация поставленных целей и задач. В приложении к диссертационной работе представлены протоколы испытаний, результаты экспериментальных исследований, статистическая обработка полученных результатов, полученные патенты и акт внедрения разработанной технологии.

#### **Степень разработанности темы исследования**

Облепиха хорошо изучена как объект экстракционных технологий, однако большинство исследований фокусировались на переработке ягод, анализируя их высокую биологическую ценность. В то же время, неплодовые части облепихи, такие как листья, кора, побеги и древесная часть, остаются малоизученными несмотря на их потенциальную ценность, а их переработка в промышленных масштабах пока не развита. Поэтому диссертационная работа Исмаилова Л.Ю. стала значимым вкладом в развитие экстракционных технологий, связанных с переработкой неплодовых частей облепихи, и открывает новые перспективы в получении ценных биологически активных веществ и расширении области применения облепихи в фармацевтической, пищевой и косметической промышленности.

#### **Научная новизна исследований и полученных результатов**

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в разработке нового способа экстракции неплодовых частей облепихи, основанного на предварительном замораживании исходного сырья с целью увеличения выхода экстрактивных веществ. Соискателем впервые были определены физические и массопроводные характеристики частей облепихи, подвергаемых экстракции, что имеет значение при оценке массообменных процессов. Помимо этого, разработана математическая модель процесса экстракции растительного сырья с предварительным замораживанием и определены рациональные режимные параметры экстракции, способствующие увеличению выхода биологически активных веществ.

### **Степень обоснованности, достоверности и апробация результатов**

Научные положения диссертационной работы Исмаилова Л.Ю. соответствуют основной цели и задачам исследования, формированию теоретических и методических положений по разработке и реализации способа экстракции неплодовых частей облепихи с предварительным замораживанием.

Основные положения и выводы являются обоснованными результатами проведенного собственного исследования и согласуются с основными положениями теории тепломассообменных процессов и диффузионных явлений в процессах экстракции растительных материалов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена применением в диссертационном исследовании методов математического моделирования и подтверждена результатами статистической обработки большого объема данных, математический анализ которых выполнен корректно с помощью современных статистических методов.

Соискателем проведена достаточная апробация материалов диссертации на конференциях различного уровня. Результаты в полном объеме опубликованы в открытой печати (14 работ), в том числе 3 статьи в научных изданиях, входящих в реферативную базу Scopus, 4 статьи в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 6 трудов в прочих изданиях, 1 патент на изобретение РФ, а также получено 1 решение о выдаче патента.

Всё вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что степень достоверности положений оппонируемой диссертации отвечает всем предъявляемым требованиям.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Значимость диссертационного исследования заключается в конкретизации теоретических и практических положений теории экстрагирования растительных материалов, в методиках, моделях и выводах.

Теоретическая значимость представленной работы заключается в разработке математической модели экстракции неплодовых частей облепихи с предварительным замораживанием, представленной в виде взаимосвязанных математических описаний каждой стадии процесса и предполагающей решение внешней и внутренней задач тепломассопереноса. Одновременно полученные данные по изменению физических показателей отдельных неплодовых частей облепихи позволяют с новых позиций изучить кинетику тепломассопереноса при исследовании процессов экстракции растительных материалов и вносят существенный вклад в теорию тепломассообменных процессов и диффузионных явлений в гетерогенных средах и системах «жидкость-твердое тело».

Разработанная технология экстракции неплодовых частей облепихи с предварительным замораживанием сырья успешно внедрена в работу ЗАО «Ласкрафт» (г. Казань) для получения фармакологических компонентов и лекарственных препаратов, что свидетельствует о **практической значимости**

диссертационной работы Ленера Юнусовича. Помимо этого, теоретические аспекты исследования использованы в учебном процессе в ФГБОУ ВО «КНИТУ» для подготовки бакалавров и магистров.

Вышеизложенное позволяет рассматривать содержащиеся в диссертации результаты, выводы и предложения перспективными для теоретического и практического использования, что, несомненно, относится к положительной стороне работы.

### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа и автореферат соответствует паспорту специальности научных работников 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины, а именно: п. 2 «Химия, физико-химия и биохимия основных компонентов биомассы дерева и иных одревесневших частей растений, композиты, продукты лесохимической переработки»; п. 4 «Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах».

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

При ознакомлении с диссертационным исследованием возникли следующие **вопросы и замечания:**

1. Диссертационная работа содержит избыточное количество фотографий общелабораторного, вспомогательного и аналитического оборудования (молотковая дробилка, газовый хромато-масс-спектрометр, пикнометр и т.д.), а также в ряде случаев подробное описание принципов их действия (например, страница 60). В научных работах следует избегать использования такого подхода.

2. На мой взгляд, читателю было бы удобнее ориентироваться в материале, если бы диссертация содержала отдельную главу, в которой было бы приведено подробное описание всех экспериментальных процедур, например, подготовка образцов, экстракция, анализ. В текущем виде соискатель распределил эту информацию по всей работе.

3. В диссертационном исследовании автор использует крайне избыточную точность определенных или рассчитанных величин. Примеров много, в качестве одного из них приведу рисунок 3.1. Автор утверждает, что в состав веток облепихи, которые срежут осенью, будет входить 50,88% листьев, 7,02% побегов и так далее. Но ведь растительное сырье отличается своей исключительной вариабельностью. Сколько параллельных исследований было проведено, сколько составила величина среднеквадратичного отклонения от среднего значения? Такое представление данных в ряде случаев может приводить к искажению достигнутых результатов.

4. Спорным выглядит утверждение автора о том, что вода является самым распространенным растворителем в процессах классической экстракции. Экстрагент выбирается в зависимости от природы извлекаемых веществ. Вода позволяет извлекать гидрофильные компоненты (например, моно- и олигосахариды, гликозилированные низкомолекулярные метаболиты), однако способность проникать через клеточные стенки крайне низкая. Чтобы устранить данный недостаток как раз и применяются либо смеси воды со спиртом, либо чистый спирт. Этот факт также подтверждается результатами, представленными в диссертации (рисунок 3.13), где вода уступает всем другим экстрагентам.

5. В продолжение обсуждения рисунка 3.13. Может ли автор объяснить аномальное поведение 40-%ого водного раствора этанола (по сравнению с 20 и 60%) для древесины, коры и побегов облепихи? Сколько было проведено параллельных измерений и какая воспроизводимость полученных результатов?

6. Крайне странными выглядят результаты газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Во-первых, автор не приводит информацию, делалась ли дериватизация перед инъекцией экстрактов или нет. А для карбоновых кислот и сахаров это очень критично, так как отсутствие стадии получения силилированных производных негативно скажется на воспроизводимости анализа. Во-вторых, необходимо объяснить полученные результаты и их изменение, наблюдаемое в различных условиях. Например, таблица 4.2: чем вызвано исчезновение одноосновных полигидроксикарбоновых кислот при повышении температуры экстракции водой до 60 °С и последующее их появление при проведении экстракции при 80 °С?

7. В разделе «Структура и объем работы» автореферата и диссертации автором приведено ошибочное значение количества страниц: 130 вместо 186.

Указанные замечания не снижают значимости диссертационного исследования.

### **Заключение**

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук работа является полноценным и завершенным научным исследованием, соответствующим заявленной специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины. Общие выводы по работе отвечают поставленным задачам.

Работа содержит научно-обоснованные технические и технологические решения по рациональному использованию неплодовых частей облепихи и повышению эффективности извлечения из них биологически активных веществ посредством разработки способа экстрагирования предварительно замороженного сырья.

По объему, новизне и значимости результатов диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автореферат и публикации в полной

