

ОТЗЫВ

официального оппонента Натальи Григорьевны Базарновой, доктора химических наук, профессора ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» на диссертационную работу Соловьевой Елены Ниязовны на тему «Разработка технологии комплексной переработки облепихи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Актуальность темы диссертационного исследования

Существующие технологии переработки облепихи, чаще всего, ориентированы на получение одного целевого продукта (масла или сока), что не отвечает современным тенденциям, направленным на глубокую переработку сырья. В контексте внедрения безотходных комплексных технологий переработки облепихи, уникального источника разнообразных биологически активных веществ, и развития биоэкономики, актуальность диссертационной работы Соловьевой Е.Н. особенно очевидна.

В работе предлагается одно из перспективных решений для российского агропромышленного комплекса с целью создания отечественных технологий комплексной переработки, в том числе и не плодовой части облепихи и вторичных продуктов ее переработки (жом, семена), позволяющих получать широкий спектр продуктов с высокой добавленной стоимостью. Предлагается эффективная технология безотходного производства концентрата сока, масел холодного отжима из мякоти и семян, экстракционного масла и биологически активного комплекса, содержащего серотонин.

Резюмируя, можно констатировать, что работа выполнена на стыке важных народнохозяйственных вопросов: ресурсосбережения и создания новых продуктов с высокой добавленной стоимостью из возобновляемого растительного сырья.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация представляет собой завершённое научное исследование. Работа изложена на 136 страницах, состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (131 наименование) и приложений. Структура логична, отражает этапы исследования: от аналитического обзора и математического моделирования до экспериментальной отработки и технико-экономического обоснования технологии.

Во введении (стр. 5-10) убедительно обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту.

В первой главе (стр. 11-44) представлен аналитический обзор химического состава плодов, побегов, листьев облепихи крушиновидной, а также технологий и оборудования

по извлечению биологически активных веществ из нее: проанализированы технологии получения сока, концентрата, масла (прессового, диффузионного, экстракционного), и способы извлечения биологически активных веществ из неплодовой части (коры, побегов, листьев). Выявлено, что существующие подходы сосредоточены, как правило, на выпуске одного целевого продукта, а вторичные ресурсы используются недостаточно эффективно.

Во второй главе (стр.45-53) приведено математическое описание ключевых процессов комплексной переработки сырья. Разработана модель паро-взрывной обработки побегов на основе уравнений А.В. Лыкова для расчета динамики влагосодержания и температуры переработки сырья. Балансовые соотношения для процесса концентрирования диффузионного сока представлены для вакуум-выпарного аппарата с циркуляционной трубой. С использованием уравнения Фика автором получена математическая модель экстракции масла из отпрессованных пластинок жомы мякоти и семян, учитывающая коэффициент массопроводности.

В третьей главе рукописи (стр.54-83) описаны установки ключевых процессов, разработанные и апробированные методики предлагаемой комплексной технологии переработки облепихи, определены оптимальные режимы: сепарации сырья, паровзрывной обработки побегов (0,9-1,0 МПа, продолжительность 4-5 мин), концентрирования сока (остаточное давление 7-12 кПа) и экстракции масла (экстрагент гексан, гидромодуль 8-9, 30-35°C, продолжительность процесса 60±5 мин для жомы мякоти и 70±5 мин для жомы семян). Автором рассчитаны коэффициенты массо- и теплопередачи, а также выходы целевых продуктов. Адекватность математических моделей (отклонение расчётных данных от экспериментальных не превышает 8 – 15 % по критерию Фишера), подтверждена статистической верификацией, что позволило на основании созданной научно-экспериментальной базы спроектировать промышленную линию.

В четвертой главе (стр.84-102) описана принципиальная схема технологической линии комплексной переработки облепихи, которая включает: стадии разделения плодов и веток; отжима сока, концентрирования; сушки, разделения семян и мякоти; холодного прессования; экстракции масла гексаном; паро-взрывной обработки побегов и механо-активации для получения серотонинсодержащего порошка (раздел 4.1). В пункте 4.2 представлена разработанная оптимальная инженерная методика для расчета вакуум-выпарного аппарата с циркуляционной трубой в виде алгоритма последовательного расчета, который позволяет определять рациональные геометрические параметры (диаметр, высоту рабочей зоны, толщину стенки, диаметры патрубков) в зависимости от заданной производительности и выбранного режима работы. В пункте 4.3

проанализированы результаты моделирования конструктивных параметров узла концентрирования

В заключение (стр.103-104) основательно сформулированы результаты, полученные в работе, и предложены перспективы дальнейших исследований в области комплексной переработки облепихи.

Научная новизна исследования и полученных результатов

Диссертационная работа содержит ряд новых научных положений, значимых для развития технологий переработки растительного сырья.

Соловьевой Е.Н. впервые разработаны: методы определения коэффициента массопроводности для процессов извлечения масла из выжимок плодов облепихи (из жома мякоти и из семян); метод расчета коэффициента теплопередачи в вакуумном выпарном аппарате с циркуляционной трубой. Количественные значения этих коэффициентов получены экспериментально, это восполняет существующий пробел в справочных данных по массообменным свойствам при переработке компонентов облепихи.

Рациональные параметры процесса паровзрывной обработки побегов облепихи (давление 0,9 – 1,0 МПа, продолжительность 4 – 5 мин), позволившие получить биологически активный комплекс с серотонином, выявлены в результате математического моделирования. Новизна подхода заключается именно в совместном учете тепловых и массообменных процессов при влагонасыщении и последующем резком сбросе давления.

Оптимальные режимы (остаточное давление 7 – 12 кПа, температура 40 – 50 °С) процесса концентрирования диффузионного сока в выпарном аппарате с циркуляционной трубой установлены моделированием, при этом минимизированы процессы термической дегградации биологически активных веществ. Выявленная регрессионная зависимость коэффициента теплопередачи от давления и межтрубного расстояния является новой и также имеет существенную практическую значимость.

Впервые определены технологические параметры экстракции гексаном масла: гидромодуль 8–9, температура 30–35°С, продолжительность 60±5 и 70±5 мин, соответственно из отпрессованных пластин жома мякоти и семян. Рассчитанные значения коэффициента массопроводности для разных типов сырья ($1,09 \cdot 10^{-8}$ м²/с - мякоть и $5,65 \cdot 10^{-9}$ м²/с - семена) являются новыми и могут быть использованы при проектировании экстракционного оборудования.

Разработана и запатентована технология комплексной безотходной переработки облепихи: получение концентрата сока, масел холодного отжима, экстракционного масла и серотонинсодержащего комплекса.

Степень обоснованности, достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием сертифицированного оборудования и поверенных приборов при проведении экспериментов; достаточным объемом экспериментальных данных (все измерения выполнены в трехкратной повторности, результаты обработаны статистически); корректным применением методов математического моделирования (уравнения Лыкова А.В., Фика, уравнение Антуана, метод конечных разностей); верификацией математических моделей путем сопоставления расчетных и экспериментальных данных с использованием критерия Фишера (расчетные значения критерия не превышают табличных, отклонение – не более 15 %); согласованностью полученных результатов с опубликованными данными других исследователей.

Обоснованность научных положений и выводов подтверждается логичной структурой работы: от аналитического обзора и математического описания через экспериментальные исследования к промышленной реализации.

Апробация работы является достаточной: основные результаты доложены и обсуждены на международных и всероссийских конференциях. Работа поддержана грантами и дипломами конкурсов («ТехноСтарт», «Студенческий стартап», «Лучший молодой ученый Республики Татарстан»). По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, из них 7 статей в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК (из них 2 по специальности), получено 5 патентов, что свидетельствует о высокой степени апробации и признании результатов научным сообществом.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии научных основ комплексной переработки биомассы облепихи: уточнена физическая картина тепломассообменных процессов при паровзрывной обработке, концентрировании и экстракции применительно к данному виду сырья; получены новые количественные данные о коэффициентах массопроводности компонентов биомассы облепихи и коэффициенте теплопередачи в выпарном аппарате с циркуляционной трубой; разработаны математические модели, описывающие кинетику процессов, которые могут быть использованы для прогнозирования и оптимизации режимов.

Практическая значимость подтверждается наличием патентов (№ 2792374, 2794158, 2797550, 2813352, 2838770) и актом о внедрении результатов в АО «Ласкрафт» (г. Казань). К конкретным практическим результатам относятся:

– инженерная методика расчета узла концентрирования, позволяющая определять рациональные геометрические параметры выпарного аппарата (диаметр.

высоту рабочей зоны, толщину стенки, диаметры патрубков) в зависимости от производительности и режима;

– обоснованные технологические режимы для трех ключевых процессов, которые могут быть непосредственно использованы при проектировании промышленных линий;

– разработанная технологическая линия комплексной переработки облепихи, которая обеспечивает безотходное производство пяти целевых продуктов;

– технико-экономические показатели (годовая прибыль 50 млн руб., срок окупаемости 1,6 года) подтверждают экономическую целесообразность внедрения.

Соответствие автореферата диссертации

Тексты диссертации и автореферата находятся в полном соответствии. Автореферат в полном объеме отражает основное содержание диссертационной работы: цель, задачи, методы исследования, научные положения, выносимые на защиту, основные результаты и выводы. Элементы научной новизны и практической значимости корректно изложены в тексте автореферата. Объем и структура автореферата соответствует предъявляемым требованиям. Все положения, выносимые на защиту, нашли точное отражение в автореферате и позволяют соискателю в полной мере представить научному сообществу результаты исследования.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация и автореферат соответствуют специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса по пункту 2 «Теория и методы технологического воздействия на объекты сельскохозяйственного производства (почву, растения, животных, зерно, молоко и др.)».

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. В разделе 1.2 приведен химический состав различных частей облепихи, однако отсутствует критический анализ противоречий в данных разных авторов. Можно ли выделить наиболее перспективные для комплексной переработки сорта облепихи?

2. В разделе 1.3.3 приведены сведения о применении продуктов переработки облепихи, хотелось бы понять, где будут использованы продукты, произведенные по предлагаемой технологии? в чем их преимущество?

3. Отсутствуют экспериментальные данные по определению остаточного содержания гексана в экстракционном масле после вакуумного выпаривания (стр. 61). Это важно для оценки безопасности продукта и соответствия нормативным требованиям.

4. После сепарации биомассу побегов подвергают паровзрывной обработке, далее ее механоактивируют и получают комплекс с серотонином. Каков химический состав

этого комплекса, насколько разрушается растительная матрица при данной обработке и каким образом оценивалась степень разволокнения измельченных побегов облепихи (стр.51)?

5. Какова влажность измельченных сухих побегов облепихи (стр. 62)?

6. Есть ли различия в качественных показателях образца масла холодного отжима из мякоти и семян и образца масла, полученного экстракцией гексаном?

7. В работе не исследована возможность многократного использования гексана и влияние этого на эффективность процесса экстракции.

8. На рисунке 3.7 (стр.69) приведены кинетические кривые влагопоглощения. Не указано, каким методом определялась влажность образцов и какова при этом погрешность измерений.

9. Каков суммарный выход масла, получаемого в результате всех процессов?

10. На чем базируется принцип выбора констант уравнения Антуана – А, В, С использованных в работе (стр. 73)?

11. В технико-экономическом обосновании (таблица 4.1) отсутствует детальный расчет себестоимости единицы продукции. Не учтены амортизация оборудования и затраты на вспомогательные материалы (гексан, вода, электроэнергия). Приведена лишь укрупненная оценка.

12. Какова методика определения концентрации облепихового масла, которая необходима для поиска оптимальных условий (рис. 3.14, стр. 77)?

13. Как оценивалась кислотность получаемого облепихового масла и насколько важно контролировать ее в процессе извлечения?

14. При описании технологической линии (рис. 4.1) для концентрирования диффузионного сока используется однокорпусной выпарной аппарат. Почему не рассматривается более энергоэффективная многокорпусная схема выпаривания или использование тепловых насосов? Энергозатраты на упаривание являются одной из основных статей расходов.

15. Есть ли требования к качественным характеристикам отпрессованных пластин жома мякоти и семян?

16. Рукопись диссертации оформлена очень хорошо, однако имеются незначительные опечатки (стр.41, например: основной часть работ..., стр.62 - грамм - сокращенно обозначается г, а не гр, стр. 70- 0,8 Мпа вместо МПа), в списке литературы приведен один и тот же источник под номерами 28 и 29.

Заключение

Указанные выше замечания не снижают общего положительного впечатления о

работе и ценность основных положений и выводов, полученных в диссертационном исследовании.

Диссертация Соловьевой Елены Ниязовны «Разработка технологии комплексной переработки облепихи» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое научно-обоснованное решение задачи по созданию безотходной технологии и аппаратурного оформления переработки биомассы облепихи с получением широкого спектра целевых продуктов. Работа характеризуется научной новизной, имеет теоретическую и практическую значимость, полученные результаты обоснованы и достоверны.

Основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях и защищены патентами. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. в текущей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Соловьева Елена Ниязовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент: доктор химических наук
(05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки древесины; химия древесины), профессор, профессор кафедры органической химии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

Базарнова Наталья Григорьевна



Базарнова Н.Г.

В ЕД:
ДОКУМЕНТОВ И
ЧАХУМАШВИЛИ Э. А.

«28» мая 2026 г.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», 656049, г. Барнаул, просп. Ленина, д. 61; телефон: 89039905429, e-mail: bazarnova@chem.asu.ru.

Вход № 05-8994
«02» 06 2026 г.
подпись