

количества отходов (жом, семена, неплодовая часть), а также потеря биологически активных веществ из-за термической деградации.

Разработка новых, интенсифицированных, малоотходных и экологически безопасных технологических решений для комплексной переработки облепихи (плодов, семян, мякоти, побегов) соответствует стратегическим направлениям развития биоэкономики и циркулярного производства, заявленным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (приоритет – эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание функциональных продуктов питания).

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе Соловьевой Е.Н., обладают научной новизной. Наиболее значимыми являются следующие результаты.

Автором разработаны методы определения коэффициента массопроводности для процесса извлечения масла из выжимок облепихи (жом мякоти и семян) и расчета коэффициента теплопередачи в выпарном аппарате с циркуляционной трубой при концентрировании диффузионного сока, учитывающие влияние режимных и конструктивных параметров.

В диссертационной работе математическим моделированием процесса паровзрывной обработки побегов облепихи выявлены рациональные параметры влагонасыщения для получения биологически активного комплекса, содержащего серотонин.

Соискателем определены оптимальные параметры концентрирования диффузионного сока в вакуумном аппарате с циркуляционной трубой и экстракции масла из выжимок облепихи, что позволяет минимизировать термическую деградацию биологически активных веществ.

Разработана технология и аппаратное оформление комплексной переработки облепихи, новизна которой заключается в создании завершеного технологического цикла, интегрирующего все этапы с минимизацией отходов.

Таким образом, полученные Соловьевой Е.Н. результаты обладают научной новизной и вносят вклад в развитие теории и практики тепломассообменных процессов при переработке растительного сырья.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы и достоверны. Обоснованность выводов обеспечивается проведенным аналитическим обзором современных

литературных и патентных источников по вопросам биохимического состава облепихи и существующим методам ее переработки, применением современных методов теоретического исследования, включая математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса на основе фундаментальных законов (уравнения А.В. Лыкова для паровзрывной обработки, уравнение Фика для экстракции масла, уравнение Антуана для концентрирования диффузионного сока), корректным планированием эксперимента с использованием стандартизированных и сертифицированных методик и оборудования (конвективная сушилка с виброкипящим слоем, вакуумно-импульсная экстракционная установка, выпарной аппарат с циркуляционной трубой). Комплексный подход, сочетающий физическое и математическое моделирование, позволяет верифицировать результаты разными, независимыми методами. Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом экспериментальных данных, удовлетворительным совпадением результатов математического моделирования с экспериментальными данными, статистической обработкой результатов, включая расчет среднеквадратических отклонений и проверку адекватности модели по критерию Фишера. Верификация модели на различных стадиях процесса (паровзрывная обработка, концентрирование, экстракция) и патентная чистота разработанных технических решений (патенты РФ № 2792374, 2794158, 2797550, 2813352, 2838770) являются подтверждением их достоверности и практической значимости.

Основные положения диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе 7 статей в научных изданиях из Перечня ВАК, получено 5 патентов Российской Федерации. По содержанию публикации полностью соответствуют теме диссертации.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в развитии научных основ комплексной переработки растительного сырья. Разработанные математические модели паровзрывной обработки, концентрирования сока и экстракции масла вносят вклад в теорию тепломассопереноса в капиллярно-пористых средах. Полученные данные о коэффициентах массопроводности жомы мякоти и семян расширяют базу знаний о физико-химических свойствах облепихи.

Практическая значимость работы состоит в разработке ресурсосберегающей технологии комплексной переработки облепихи, которая обеспечивает получение целевых продуктов. Предложены инженерные методики расчета выпарного аппарата и экстрактора. Технико-экономическое обоснование подтверждает срок окупаемости 1,6 года и годовую прибыль 50

млн рублей. Результаты исследований приняты к внедрению в АО «Ласкрафт» (г. Казань), а также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Рекомендации по использованию результатов

Разработанная технология комплексной переработки облепихи и инженерная методика расчета выпарного аппарата могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях агропромышленного комплекса, занимающихся переработкой плодово-ягодного сырья (соковые заводы, маслоэкстракционные производства, фармацевтические предприятия). Полученные математические модели и значения коэффициентов массопроводности могут быть использованы при проектировании и оптимизации оборудования для экстракции и концентрирования растительных экстрактов.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Соловьевой Е.Н. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (131 наименование) и приложений. Работа изложена на 136 страницах, включает 36 рисунков и 11 таблиц. Структура работы традиционна и логична.

В первой главе представлен подробный аналитический обзор биохимического состава облепихи (плодов, побегов, листьев), существующих технологий получения сока, концентрата, масла, а также способов извлечения биологически активных веществ из неплодовой части. Обоснована необходимость комплексной переработки.

Во второй главе приведено математическое описание процессов паровзрывной обработки, концентрирования диффузионного сока и экстракции масла. Используются уравнения А.В. Лыкова, Фика, Антуана, балансовые соотношения.

В третьей главе описаны экспериментальные установки и методики исследований. Представлены результаты определения оптимальных режимов паровзрывной обработки ($P = 0,9 - 1,0$ МПа, $\tau = 4 - 5$ мин), концентрирования ($P = 7 - 12$ кПа, $t = 40 - 50$ °С) и экстракции масла (гидромодуль 8 – 9, $t = 30 - 35$ °С). Экспериментально определены коэффициенты массопроводности и теплопередачи. Проведена статистическая оценка адекватности моделей.

В четвертой главе описана технологическая линия комплексной переработки облепихи, представлена инженерная методика расчета выпарного аппарата и приведено технико-экономическое обоснование.

Автореферат диссертации является адекватным и полным отражением содержания диссертационной работы. Все основные положения, выносимые на

защиту, выводы, научные результаты и рекомендации корректно изложены в автореферате. Объем и структура автореферата соответствуют установленным требованиям.

Замечания по диссертационной работе

1. При расчете высоты зоны сепарации H_c по формуле (4.9) время осаждения капель τ принято в диапазоне 3 – 10 с (стр. 92), однако не обоснован выбор конкретного значения для расчетов. Не приведена формула для расчета времени осаждения капель в зависимости от их диаметра.

2. В таблице 3.1 (параметры паровзрывной обработки) приведены режимы с давлением до 1,1 МПа. Почему не исследовались режимы с более высоким давлением (1,2 – 1,5 МПа)? Чем обусловлен выбор верхней границы?

3. При описании технологической линии (Глава 4) не указаны типы и технические характеристики основного оборудования (производительность, мощность, габариты), что затрудняет воспроизведение разработки сторонними специалистами.

4. Автором не проведены исследования по определению оптимальной степени измельчения побегов перед паровзрывной обработкой. Указано, что побеги измельчают до 10 – 20 мм (стр. 87), но не обоснован выбор именно этого размера.

5. Автору следовало оценить возможность использования предложенного оборудования и режимов для переработки других видов ягодного сырья (например, клюквы, черноплодной рябины, калины), имеющих сходный биохимический состав, но отличающихся по структурно-механическим свойствам.

6. Не представлена общая характеристика получаемых продуктов, такая задача автором не была поставлена, это снижает ценность работы.

Заключение

Диссертационная работа Соловьевой Елены Ниязовны на тему «Разработка технологии комплексной переработки облепихи» является самостоятельным завершенным научным трудом, в котором решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное значение для агропромышленного комплекса: создание безотходной технологии переработки облепихи с получением широкого спектра биологически активных продуктов.

Содержание диссертации сформулировано на основе опубликованных автором научных трудов, что подтверждает достоверность выдвинутых на защиту теоретических и практических рекомендаций. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям представленной

