

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Нгуен Ван Зуи**

«Процессы получения гибридных аэрогелей из компонентов
кокосового волокна»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических
наук по научной специальности

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Нгуен Ван Зуи посвящена разработке и развитию новых методов экстракции ценных компонентов (целлюлозы, её производных и лигнина) из кокосового волокна для получения из них аэрогелей и солнцезащитных фильтров.

Процессы переработки растительного сырья активно развиваются как в Российской Федерации, так и во Вьетнаме. Актуальность внедрения инновационных подходов к утилизации биомассы с целью получения высокотехнологичных материалов, обладающих значительной практической ценностью, подчеркнута в национальных задачах обеих стран.

Экстракция растительных компонентов преимущественно осуществляется физическими, химическими и комбинированными методами. Полученные в результате экстракции биологически активные вещества растительного происхождения могут быть использованы для создания гибридных материалов с уникальными характеристиками.

В фармацевтической и косметической отраслях отмечается устойчивый рост интереса к исследованиям и разработкам материалов на основе экстрагированных растительных соединений. Аэрогели, благодаря их исключительным свойствам, находят всё более широкое применение в различных областях. В этой связи извлечение ценных фитокомпонентов и их последующее включение в состав гибридных аэрогелей представляет собой

перспективное направление, открывающее новые возможности для создания функциональных материалов.

Работа Нгуен Ван Зуи посвящена экспериментальному и теоретическому изучению процессов экстракции целлюлозы, наноцеллюлозы, гемицеллюлозы и лигнина из кокосового волокна с последующим получением гибридных аэрогелей и разработкой косметических средств на их основе.

Основное содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 192 наименований. Общий объем составляет 178 страниц печатного текста, включая 22 таблицы и 98 рисунков.

Во введении отражены и обоснованы актуальность работы, представлены ее новизна, теоретическая и практическая значимости, методология и методы исследования. Сформулированы цель и задачи исследования, отмечен личный вклад автора, указаны сведения об апробации работы.

В первой главе проведен анализ научно-технической литературы. Рассмотрены основные компоненты и структуры, из которых состоит кокосовая шелуха. Рассмотрены компоненты, которые могут быть экстрагированы из кокосового волокна, а также их применение на практике. Описаны процессы, которые используются для экстракции компонентов из кокосового волокна: химические, физико-химические и биологические методы. Особое внимание уделено характеристикам, свойствам и процессам получения гибридных аэрогелей, в частности методам их получения, процессу сверхкритической сушки и ключевым характеристикам, которыми они обладают. Подробно рассмотрены математические модели, позволяющие описывать процессы разделения с использованием сверхкритических флюидов. На основании литературного обзора были сформулированы основные задачи диссертационной работы и построена стратегия их достижения.

Во второй главе представлены экспериментальные исследования процессов экстракции ценных компонентов из кокосового волокна. Проведены

аналитические исследования полученных компонентов и представлены их результаты. В частности, были проведены исследования химических методов экстракции, таких как этанольно-щелочная экстракция и ультразвуковая экстракция в среде органических растворителей при варьировании параметров данных процессов. Приведен сравнительный анализ эффективности этих процессов с точки зрения выхода целевых компонентов. Приведено описание и результаты гидротермальной экстракции компонентов кокосового волокна, в том числе с использованием сверхкритического диоксида углерода. Представлены исследования и результаты интенсификации данного процесса. В данной главе приведены результаты обработки полученных компонентов и их аналитические исследования.

В третьей главе описаны экспериментальные исследования процессов получения гибридных аэрогелей с компонентами кокосового волокна. Представлено описание процесса сверхкритической сушки и аппарата, используемого для данного процесса. Представлены методы получения гибридных аэрогелей на основе экстрагированных компонентов (лигнин, лигносульфонат, наноцеллюлоза), природных биополимеров (хитозан, альгинат) и диоксида кремния. В каждом процессе варьировались основные параметры. Представлены результаты аналитических исследований аэрогелей, в результате которых были выявлены закономерности изменения структуры и характеристик гибридных аэрогелей в зависимости от параметров процессов их получения. Также рассматривается применение экстрагированного лигнина в качестве натурального ингредиента в составе солнцезащитных средств. Продемонстрирована эффективность защиты от УФ-излучения в сочетании с другими ингредиентами солнцезащитных средств.

Четвертая глава посвящена моделированию гидротермального процесса, для этого была разработана обобщённая модель состава биомассы. Химические превращения, происходящие при гидротермальной обработке, и их кинетические параметры установлены на основе литературных данных и экспериментальных полученных в ходе диссертационной работы.

Моделирование процесса разделения кокосового волокна, включающего двухстадийное разделение, выполнено с использованием программного комплекса Unisim Design R500. Проверка адекватности модели проведена путём сопоставления данных моделирования по эффективности выделения гемицеллюлозы, лигнина и целлюлозы с экспериментальными результатами. Полученные данные показали высокую степень достоверности с относительной погрешностью менее 5%. Дополнительно моделирование обеспечило идентификацию и количественную оценку основных химических реакций, протекающих в условиях гидротермальной обработки при температуре 120°C в среде воды, этанола и сверхкритического диоксида углерода в качестве растворителей.

Заключение содержит основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна диссертации

Проведены исследования процессов экстракции ценных компонентов из кокосового волокна, включая целлюлозу, наноцеллюлозу, гемицеллюлозу и лигнин. Определены ключевые параметры экстракционных процессов: температурный режим, продолжительность обработки, уровень pH и концентрации используемых растворителей.

Исследованы методы интенсификации экстракции целлюлозы, наноцеллюлозы, гемицеллюлозы и лигнина из кокосового волокна посредством ультразвуковой обработки, введения сверхкритического диоксида углерода, комбинации интенсивного перемешивания с воздействием повышенного давления и температуры.

Разработан инновационный метод разделения кокосового волокна, комбинирующий гидротермальную обработку с использованием экологически безопасных растворителей (вода, этанол, сверхкритический CO₂). Данный метод обеспечивает извлечение до 65% лигнина (при сравнении с традиционными химическими методами, дающими не более 34% выхода), до 80% гемицеллюлозы и до 90% целлюлозы.

Исследована кинетика поглощения ультрафиолетового излучения от содержания лигнина в составе косметических препаратов.

Установлены экспериментальные зависимости между структурой и свойствами гибридных аэрогелей на основе следующих комбинаций: диоксид кремния/лигносульфонат; хитозан/лигнин; альгинат/лигнин; диоксид кремния/лигнин; диоксид кремния/наноцеллюлоза от концентрации компонентов кокосового волокна.

Разработана оригинальная аппаратурно-технологическая схема гидротермальной экстракции для переработки кокосового волокна.

Разработана математическая модель процесса гидротермальной экстракции применительно к переработке кокосового волокна.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Проведены комплексные экспериментальные работы по выделению ценных компонентов из кокосового волокна, включающий экстракцию целлюлозы, наноцеллюлозы, гемицеллюлозы и лигнина.

Разработаны технологические подходы к извлечению гемицеллюлозы, лигнина и целлюлозы из кокосового волокна методом гидротермальной обработки в реакторе высокого давления с механическим перемешиванием.

Обоснованы способы интенсификации процессов экстракции целлюлозы, наноцеллюлозы, гемицеллюлозы и лигнина из кокосового волокна с применением: ультразвуковой обработки, использования сверхкритического CO₂, комбинации интенсивного перемешивания с воздействием повышенных давления и температуры.

Экспериментально доказана эффективность использования лигнина в качестве органического УФ-фильтра, демонстрирующего стабильный защитный эффект в течение 120 минут.

Получены гибридные аэрогели на основе следующих композиций: диоксид кремния-лигносульфонат; хитозан-лигнин; альгинат-лигнин; диоксид кремния-лигнин; диоксид кремния-наноцеллюлоза. Материалы характеризуются

уникальными свойствами, включая высокие значения удельной поверхности, объем пор и низкую плотность.

Разработана аппаратурно-технологическая схема нового процесса гидротермальной экстракции для переработки кокосового волокна.

Представлены результаты расчетов в среде программного комплекса Unisim Design R500 процесса гидротермальной экстракции целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина из кокосового волокна.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов

Обоснованность и достоверность научных результатов обеспечивается значительным массивом экспериментальных и аналитических данных, полученных с использованием современных методик, оборудования и стандартизированных подходов. В исследовании применены общепризнанные методы математического моделирования. Результаты представленные в диссертационной работе соответствуют современному уровню отечественных и зарубежных исследований в области процессов и аппаратов химической технологии.

Выдвинутые научные положения прошли апробацию на международных, всероссийских научных форумах, нашли отражение в публикациях в изданиях, включенных в рецензируемые научные базы данных и не противоречат общепринятым научным положениям.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus.

Замечания и рекомендации

1. Химические методы экстракции лигнина (раздел 2.1) включают использование токсичных растворителей (толуол, 1,4-диоксан). Каким образом

обеспечивается удаление остатков этих веществ из конечного продукта? Проводился ли анализ на содержание остаточных растворителей и их влияние на безопасность экстракта?

2. В результатах экстракции кокосового волокна неясно, какую степень чистоты имеет полученный экстракт лигнина. Каково содержание примесей?

3. В разделе 2.2.3 для экстракции лигнина этанолом и сверхкритическим CO₂ выбрано давление 120 бар. На основании каких данных (фазовые диаграммы, литературные источники, предварительные эксперименты) было определено это значение? Проводилось ли исследование влияния других параметров давления на процесс экстракции?

4. При описании процесса сверхкритической сушки (стр. 103) на первом этапе используются параметры: температура 40°C и давление 12 МПа, а на втором этапе применяется поток жидкого CO₂. Не проще ли было бы на обоих этапах использовать жидкий CO₂, избегая дополнительных энергозатрат?

5. В экспериментах по сверхкритической сушке аэрогелей использован только один набор параметров температуры и давления. Планируется ли исследование влияния различных термодинамических параметров (P и T) на свойства аэрогелей?

6. Не указано, каким методом определялись удельная площадь поверхности, объем пор и пористость.

7. Относительная погрешность моделирования составила менее 5%. Какие факторы влияют на эту погрешность?

8. Каковы перспективы коммерциализации предложенных технологий? Есть ли оценки себестоимости производства?

Соответствие диссертации предъявляемым требованиям

Диссертация Нгуен В.З. «Процессы получения гибридных аэрогелей из компонентов кокосового волокна» соответствует паспорту научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий в части: «5. Способы, приемы, методология исследования химических процессов,

протекающих в условиях взаимного влияния на них гидродинамики и тепломассообмена, совершенствование их аппаратного оформления», «9. Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы», «10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов». Соискателем представлено необходимое количество публикаций, содержание которых достаточно полно отражает содержание диссертационной работы. Результаты работы представлены на одной научной конференции всероссийского и пяти научных конференциях международного уровня. Оформление диссертации и автореферата выполнено в соответствии с требованиями, изложение диссертации выстроено логично. Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации. Диссертация Нгуен Ван Зуи полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утверждённого приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД.

Заключение

Диссертационная работа Нгуен Ван Зуи на тему «Процессы получения гибридных аэрогелей из компонентов кокосового волокна» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача получения функциональных наноструктурированных материалов из компонентов, экстрагированных из кокосового волокна. Кроме того, были предложены как способы экстракции ценных компонентов из кокосового волокна, так и методы интенсификации данных процессов. Автором проведено большое количество экспериментальных, аналитических и теоретических исследований. Нгуен Ван Зуи заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.6.13. «Процессы и аппараты химических технологий».

Официальный оппонент

старший научный сотрудник
кафедры «Теоретических основ
теплотехники» ФГБОУ ВО
«Казанский национальный
исследовательский технологический
университет»

К.Т.Н.

Хабриев Ильнар Шамилевич

Хс

«30» май 2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68

Телефон: 9 9

E-mail: ter. lex.ru

