

сти, так и общего количества нанопор из-за повторной высокотемпературной рекристаллизации материала.

Хотя общий объем пор возрастает пропорционально увеличению температуры гидротермальной обработки, суммарный объем микропор увеличивается вплоть до температуры обработки 150 °С (4,207; 5,726; 6,437 см³/г для температур обработки 90, 130 и 150 °С соответственно), а затем значительно снижается, что связано с образованием кристаллической фазы. В то же время распределение по размерам и соотношение объемов остальных пор имеют одинаковый характер для всех представленных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bray, F. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray, M. Laversanne, H. Sung, J. Ferlay, R. L. Siegel, I. Soerjomataram, A. Jemal // CA Cancer J Clin. – 2024. – Vol. 74. – P. 229–263.
2. Yoshihara, K. Inferring tumour purity and stromal and immune cell admixture from expression data / K. Yoshihara, M. Shahmoradgoli, E. Martínez, R. Vegesna, H. Kim, W. Torres-Garcia, V. Treviño, H. Shen, P. W. Laird, D. A. Levine, S. L. Carter, G. Getz, K. Stenke-Hale, G. B. Mills, R. G. W. Verhaak // Nat Commun – 2013. – Vol. 4. – P. 2612.
3. Amini-Fazl, M. S. 5 Fluorouracil loaded chitosan/polyacrylic acid / Fe₃O₄ magnetic nanocomposite hydrogel as a potential anticancer drug delivery system / M.S. Amini-Fazl, R. Mohammadi, K. Kheiri // Int J Biol Macromol – 2019. – Vol. 132. – P. 506–513.
4. Papynov, E. K. Reactive Spark Plasma Synthesis of Porous Bioceramic Wollastonite / E. K. Papynov, O. O. Shichalin, I. Yu. Buravlev, A. S. Portnyagin, A. A. Belov, V. Yu. Maiorov, Yu. E. Skurikhina, E. B. Merkulov, V. O. Glavinskaya, A. D. Nomerovskii, A. V. Golub, N. P. Shapkin // Russian Journal of Inorganic Chemistry – 2020. – Vol. 65. – P. 263–270.

УДК 665.5.06+674.87

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ

Рогач А. А.

аспирант 2-го года обучения

Ламоткин С. А.

к.х.н., доцент, зав. каф. ФХМиОК

Введение. Беларусь располагает значительной сырьевой базой для развития лесоперерабатывающей промышленности. Комплексное использование лесных ресурсов предусматривает использование всей биомассы дерева, переработку древесных отходов, образующихся в процессе заготовки древесины и переработки ее на лесозаготовительных предприятиях. Биомасса дерева состоит из

разнообразных по строению и потребительским свойствам компонентов: стволовая древесина – 55 %; кора – 15 %; ветви, вершины, хвоя – 16 %; корни – 11 %; пни – 3 % [1].

К древесной зелени относится специфический вид лесного сырья, в составе которого преобладают живые клетки хвои, молодых побегов и коры. Как известно, в живых растительных клетках содержатся белки, углеводы, витамины, ферменты, желтые и зеленые пигменты, стерины, микроэлементы и другие вещества, которые необходимы для обеспечения жизнедеятельности растений, животных и человека. В составе древесной зелени хвойных пород около 80 % приходится на хвою. В составе хвои обнаружено до 35 компонентов, относящихся к нескольким группам соединений: монотерпеновым и сесквитерпеновым углеводородам, кислородо-содержащим и другим соединениям, из них основная доля (60 %) приходится на монотерпеновые углеводороды [2].

Цель работы – Разработать технологию комплексной переработки биомассы хвойных растений и получения экстрактов хвойных растений, а так же создать новые виды продукции на их основе.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ литературных источников по методам экстрагирования древесной зелени хвойных растений.
2. Выбор и апробация способов получения экстрактов древесной зелени хвойных растений.
3. Экспериментальные исследования условий и способов экстрагирования древесной зелени хвойных растений
4. Получение и исследование экстрактов хвойных растений.
5. Разработка образца косметической продукции с добавлением экстрактов древесной зелени хвойных растений.

Основная часть. Одним из наиболее перспективных и актуальных направлений использования древесной зелени является безотходная химическая переработка с получением биологически активных веществ (БАВ) кормового и лечебно-профилактического назначения.

В контексте глобальной тенденции к устойчивому развитию, рациональному использованию природных ресурсов и импортозамещению, разработка эффективных технологий переработки древесной зелени елей приобретает особую актуальность.

- Терпеноиды: Моно-, ди- и сесквитерпены, такие как пинен, камфен, лимонен, борнеол, которые обуславливают характерный хвойный аромат и обладают антимикробными, противовоспалительными и антиоксидантными свойствами.
- Фенольные соединения: Флавоноиды, лигнаны, танины, фенолоксислоты. Эти вещества известны своими мощными антиоксидантными, противовоспалительными, противоопухолевыми и адаптогенными свойствами.
- Хлорофилл и его производные: Обладают детоксицирующими, регенерирующими и противовоспалительными свойствами.
- Каротиноиды: β -каротин, лютеин, ксантофиллы – предшественники витамина А, мощные антиоксиданты.
- Витамины: Аскорбиновая кислота (витамин С), витамины группы В, витамин Е.
- Минеральные вещества: Макро- и микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности организма.
- Полисахариды: Обладают иммуномодулирующими и пребиотическими свойствами.

Комплексная переработка древесной зелени хвои предполагает многостадийный подход, позволяющий максимально полно извлечь различные фракции БАВ, используя при этом минимальное количество растворителей и энергии [3]. Целью является не только получение высококачественных экстрактов, но и минимизация отходов и снижение воздействия на окружающую среду.

Процесс комплексной переработки древесной зелени хвойных растений включает:

1. Сбор и подготовка сырья: Сбор древесной зелени (предпочтительно в зимний период, когда концентрация БАВ максимальна), очистка от посторонних примесей, сушка и измельчение.
2. Последовательная экстракция: Применение различных методов экстракции для последовательного извлечения фракций с разными свойствами:
 - Первая стадия (гидродистилляция или СКФ-экстракция CO_2): Извлечение эфирных масел и других липофильных соединений.
 - Вторая стадия (спиртовая или водно-спиртовая экстракция, возможно, с использованием УЗ или СВЧ): Извлечение флавоноидов, фенолоксислот, смолистых веществ.
 - Третья стадия (водная или ферментативная экстракция): Извлечение полисахаридов, водорастворимых витаминов и минералов.

3. Очистка и концентрирование экстрактов: Удаление растворителя, отделение примесей, концентрирование до необходимой формы (жидкие экстракты, сухие порошки, пасты).

4. Модификация и стабилизация: При необходимости – химическая или энзиматическая модификация, капсулирование, микроинкапсулирование для повышения стабильности, биодоступности и придания заданных функциональных свойств.

Выбор метода экстракции критически важен для получения экстрактов с заданным составом и качеством. Ниже приведены основные методы, применяемые для древесной зелени хвойных растений:

1. Традиционные методы:

- Мацерация и перколяция: Просты в исполнении, требуют низких капитальных затрат, но отличаются длительностью процесса и большим расходом растворителей. Хорошо подходят для получения водных и спиртовых настоев [4].

- Рефлюкс-экстракция (Сокслет): Обеспечивает высокую степень извлечения, автоматизирована, экономична по растворителю. Недостаток – длительное воздействие высокой температуры, что может привести к деградации термочувствительных соединений.

- Гидродистилляция: Классический метод получения эфирных масел, но может приводить к гидролизу и термическому разложению некоторых компонентов.

2. Современные (интенсифицированные) методы:

- Сверхкритическая флюидная экстракция (СКФ-экстракция): Использование CO_2 в сверхкритическом состоянии. Экологически безопасен, позволяет регулировать селективность экстракции изменением давления и температуры, обеспечивает высокую чистоту продукта. Идеален для термолабильных и липофильных соединений. Высокие капитальные затраты.

- Микроволновая экстракция (СВЧ-экстракция): Интенсивный нагрев растворителя микроволновым излучением. Значительно сокращает время экстракции, снижает расход растворителя, увеличивает выход. Необходим контроль температуры для предотвращения деградации.

- Ультразвуковая экстракция (УЗ-экстракция): Использование кавитационных эффектов ультразвука. Разрушает клеточные стенки, ускоряет массоперенос. Эффективна, но требует оптимизации параметров для предотвращения деградации.

- Экстракция под давлением: Экстракция при повышенной температуре и давлении. Ускоряет процесс, снижает расход растворителя, повышает выход. Высокие капитальные затраты, риск деградации термолабильных соединений.

Полученные экстракты древесной зелени елей находят широкое применение:

- В косметической промышленности: В качестве активных ингредиентов в кремах, сыворотках, шампунях, масках, пенах для ванны. Обладают антиоксидантными, противовоспалительными, регенерирующими, противомикробными, тонизирующими свойствами.

- В фармацевтике: В составе БАДов, фитопрепаратов с адаптогенным, иммуномодулирующим, противопростудным действием.

- В пищевой промышленности: В качестве натуральных ароматизаторов, консервантов, антиоксидантных добавок.

- В ветеринарии: Для создания кормовых добавок и лечебных препаратов.

- В ароматерапии: Эфирные масла ели используются для ингаляций, массажа, ванн.

Заключение. Таким образом, комплексная переработка древесной зелени елей – это перспективное направление, позволяющее превратить отходы лесозаготовительной промышленности в ценные ресурсы. Разработка и внедрение эффективных, «зеленых» технологий получения хвойных экстрактов открывает широкие возможности для создания инновационной, импортозамещающей продукции в косметической, фармацевтической и других отраслях. Дальнейшие исследования в области оптимизации методов экстракции, углубленного изучения химического состава и биологической активности экстрактов, а также разработки новых форм и продуктов на их основе, являются ключевыми для реализации этого потенциала. Такой подход способствует не только экономическому развитию, но и укреплению экологической безопасности и рациональному природопользованию.

Список использованных источников

1. Левин, Э. Д. Переработка древесной зелени / Э. Д. Левин, С. М. Репях. – М.: Лесная промышленность, 1984.

2. Скриган, А. И. Процессы превращения древесины и ее химическая переработка / А. И. Скриган; под ред. А. Д. Алексеева. – Минск: Наука и техника, 1981. – 208 с.

3. Ягодин, В. И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени / В. И. Ягодин; под ред. Ю. И. Холькина. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – 223 с.