

УДК 630.86

UDC 630.86

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОРЫ ЕЛИ

STUDY OF THE PROCESS OF EXTRACTING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM SPRUCE BARK

Валеев Кирилл Валерьевич
к.т.н, доцент

Valeev Kirill Valerievich
Cand.Tech.Sci., Associate Professor

Замалиева Аделя Рафилевна
бакалавр

Zamaliev Adela Rafilevna
Bachelor's degree

Демидова Алина Михайловна
магистрант, ассистент

Demidova Alina Mikhailovna
Master's student, assistant

Николаев Станислав Игоревич
магистрант

Nikolaev Stanislav Igorevich
Master's student

Сафин Рушан Гареевич
д.т.н., профессор
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Safin Rushan Gareevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

В статье приведен анализ биологически активных веществ, который выявил актуальность проблемы рационального использования недревесных частей ели. Описан метод извлечения хвойного воска, антоцианидового красителя и пектина из коры ели сибирской. Применялся классический метод экстракции в аппарате Сокслета с использованием 3-х видов растворителя - бензина, этилового спирта с водным раствором 4%-ной соляной кислоты и 0,5%-ного водного раствора шавелевокислого аммония. Метод выполнялся циклическими процессами: нагревом, испарением и конденсацией паров растворителя, который проходил через сырье, извлекая при этом ценные вещества, после полученные растворы переливались в отдельную емкость. Данное исследование показывает эффективность методики, что дает возможность дальнейшего исследования и использования коры в различных отраслях промышленности

The article provides an analysis of biologically active substances, which revealed the urgency of the problem of rational use of non-woody parts of spruce. A method for extracting coniferous wax, anthocyanidic dye, and pectin from the bark of Siberian spruce is described. The classical extraction method was used in the Soxhlet apparatus using 3 types of solvent - gasoline, ethyl alcohol with an aqueous solution of 4% hydrochloric acid and 0.5% aqueous solution of ammonium oxalate. The method was performed by cyclic processes: heating, evaporation and condensation of solvent vapors, which passed through the raw materials, while extracting valuable substances, after which the resulting solutions were poured into a separate container. This study shows the effectiveness of the technique, which makes it possible for further research and use of bark in various industries

Ключевые слова: ЭКСТРАКЦИЯ, КОРА ЕЛИ, БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВ, ПАСТА, ХВОЙНЫЙ ВОСК, АНТОЦИАНИДИНОВЫЙ КРАСИТЕЛЬ, ПЕКТИН

Keywords: EXTRACTION, SPRUCE BARK, BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES, PASTE, PINE WAX, ANTHOCYANIDIN COLOR, PECTIN

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-210-010>

Введение. На сегодняшний день в российском лесном хозяйстве основное внимание уделяется использованию стволовой части ели.

<http://ej.kubagro.ru/2025/06/pdf/10.pdf>

Недревесная часть деревьев, такие как древесная зелень, кора, ветки часто сжигаются и создают экологическую угрозу [1]. Однако недревесная часть является потенциальным источником различных полезных соединений – биологически активных веществ (БАВ): пектина, каротиноидов, хлорофилла, антоцианидинового красителя [2]. Вещества, извлеченные из недревесной части, используются в медицине для производства лекарственных средств, для лечения и профилактики различных заболеваний; в косметической промышленности для производства косметических средств в качестве функциональных добавок; в сельском хозяйстве, а также в животноводстве и птицеводстве в качестве комбинированных кормов, состоящих из витаминной муки [3,4].

С каждым годом спрос на вышеперечисленные БАВ растет на 6 % [5], что обуславливает необходимость в поиске новых и оптимизации известных технологий.

Существует несколько способов извлечения БАВ из недревесных частей ели:

- 1) Дефлигмационный (метод Твиссельмана);
- 2) Дефлигмационный с настаиванием (проводится в аппарате Сокслета);
- 3) Горячая экстракция (метод Рэндалла);
- 4) Реперколяция по Босину;
- 5) Метод экстрагирования с незаконченным циклом (Метод Чулкова).

На сегодняшний день разработаны разнообразные способы процессов экстракции, однако выявлено, что выход биологически активных веществ зависит от места произрастания, концентрации и вида экстрагента, температуры процесса, времени экстракции и т.д., поэтому актуально выявление рациональных технологических параметров,

влияющих на экстрагирование биологически активных веществ из недревенных частей ели, произрастающих в Поволжье.

Методы и материалы исследования. В качестве сырья для лабораторного исследования использовалась кора ели, собранная в Республике Татарстан в начале апреля 2025 года, хранение образцов осуществлялось в герметичной емкости не более 10 суток.

Извлечение хвойного воска из коры ели проводили следующим образом: установку Сокслета присоединили к круглодонной колбе, содержащей растворитель – бензин «Калоша», и установили в верхнюю часть обратный холодильник. В аппарат Сокслета поместили патрон, содержащий экстрагируемый материал - измельченную кору ели, помещенную в фильтровальную бумагу. Воздух из аппарата удаляли вакуумным насосом, затем колбу нагревали, доводя экстрагент до кипения. Процесс в аппарате Сокслета проводится до тех пор, пока экстракт поступающий в колбу не становился прозрачным.

Извлечение антоцианидинового красителя из обессмоленной коры ели проводили аналогичным образом, только в качестве растворителя использовали этиловый спирт, с водным раствором 4%-ной соляной кислоты. В колбе образуется раствор насыщенного темно-вишневого цвета. Полученный экстракт переливали в колбу, и выпаривали до сиропообразного состояния. Полученную массу очищали перегретым паром и отправляли в вакуумно-сушильный шкаф при температуре 60 °С.

Пектиновые вещества получают из дважды обессмоленной коры ели, путем экстракции 0,5%-ным водным раствором щавелевокислого аммония, используя тот же метод, что и описанный ранее. Полученный экстракт переливали в колбу. Туда же загружали осветляющий активированный уголь и устанавливали обратный холодильник. Очистку проводили в течение 10 минут при температуре кипения экстрагента. После процесса очистки экстракт отфильтровывали от угля и выпаривали

до 1/4 от общего объема. В образовавшуюся сиропобразную массу заливали осадитель – 96-% этиловый спирт и отстаивали в течение 30 минут. После осаждения пектин отфильтровывали от раствора, высушивали в конвективной сушилке при температуре 60 С.

Для определения количества биологически активных веществ в экстракте каждые 10 минут проводился отбор проб и весовой анализ б, где пробы высушивались и взвешивались.

Результаты и обсуждение. Выполнены эксперименты и получены данные по концентрации хвойного воска из коры ели в экстракте при различной температуре, в зависимости от времени извлечения (рис. 1).

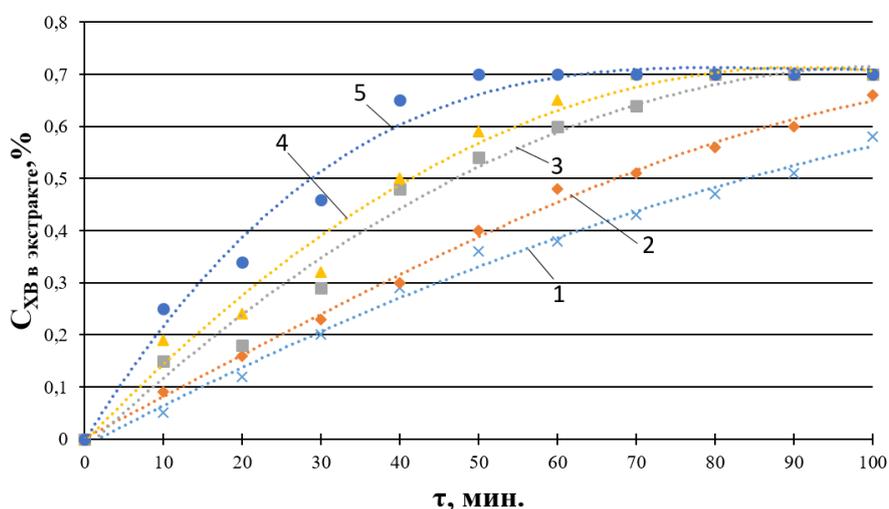


Рис. 1 – Кинетическая зависимость концентрации хвойного воска в экстракте при температурах:
1 – 40 °С, 2 – 50 °С, 3 – 60 °С, 4 – 70 °С, 5 – 80 °С

Анализ приведенных кинетических зависимостей выхода хвойного воска из коры ели показывает, что интенсивность процесса меняется по экспоненциальному закону и возрастает при повышении температуры до 70 – 80 °С. Это связано с тем, что хвойный воск под действием высоких температур быстрее диффундирует в растворитель.

Необходимо отметить, что наибольшая эффективность процесса экстракции, соответствующая максимальному выходу хвойного воска,

наблюдается в интервале времени от 30 до 50 мин в зависимости от температуры процесса.

На рисунке 2 представлена кинетические кривые концентрации антоцианидиновый красителя в экстракте из обессмоленной коры ели при различных температурах.

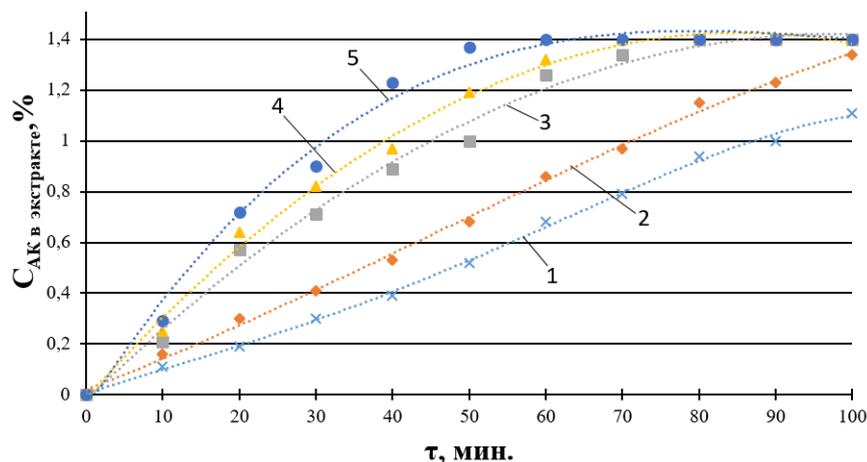


Рис. 2 – Кинетическая зависимость выхода антоцианидиновый красителя при температурах:
1 – 40 °С, 2 – 50 °С, 3 – 60 °С, 4 – 70 °С, 5 – 80 °С

Анализ данных показывают, что наибольшая скорость извлечения происходит при увеличении температуры до 60 – 80 °С. Это связано с тем, что антоцианидиновый красителя под действием высоких температур быстрее растворяются и диффундируют в растворитель. При температурах процесса 70 и 80 °С максимальное извлечение антоцианидиновый красителя (концентрация в растворе до 1,4 %) происходит уже через 50 мин от начала процесса. Поскольку при равной продолжительности процесса достигается практически одинаковый выход антоцианидиновый красителя, то оптимально проводить экстракцию при 70 °С. Увеличение продолжительности процесса более 70 мин не оказывает значительного влияния на выход антоцианидиновый красителя. Проведение процесса при температуре 80 °С считаем нецелесообразным, поскольку концентрация данного компонента при равной продолжительности процесса

увеличивается лишь на 0,2 %. Однако возрастают энергетические затраты на поддержания данной температуры.

На рисунке 3 представлены кинетические кривые изменения концентрации пектина в экстракте из рафинированной коры ели.

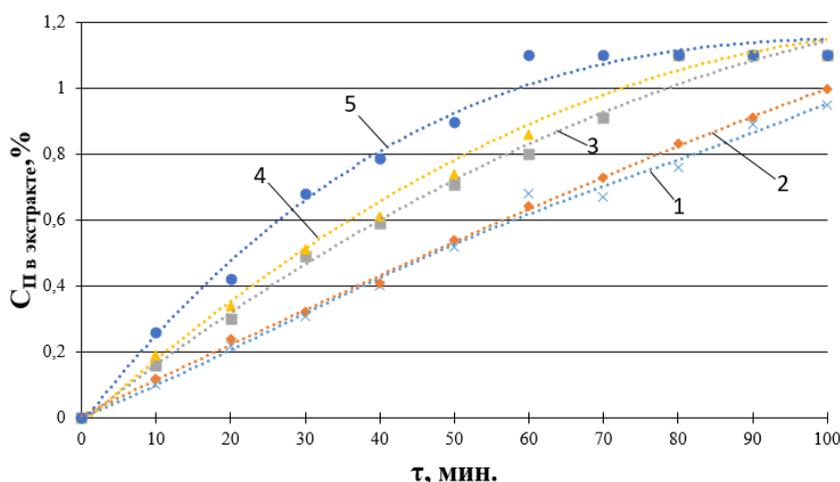


Рис. 4 – Кинетическая зависимость выхода пектина при температурах: 1 – 50 °С, 2 – 60 °С, 3 – 70 °С, 4 – 80 °С, 5 – 100 °С

Анализ полученных данных показывает, что повышение температуры с 70 до 100 °С способствует увеличению растворимости пектина в экстрагенте, делая процесс извлечения более эффективным. Исследования показывают, что максимальное извлечение пектина веществ происходит уже через 70-80 мин. По истечению этого времени суммарный выход пектина заметно снижается, указывая на зависимость процесса экстракции от внутренних диффузионных ограничений и равновесных концентраций.

Выводы. По результатам проведенного исследования были получены ценные биологически активные вещества: хвойный воск, антоцианидиновый краситель и пектин. Описанный метод позволил эффективно переработать кору ели, и получить полезные вещества. Предложенная технология позволяет рационально переработать природные ресурсы и способствует решению экологической угрозы при сжигании отходов лесной промышленности.

По результатам экспериментальных исследований определены рациональные режимные параметры процесса экстракции биологически активных веществ из коры ели произрастающей в Республики Татарстан. Для выделения хвойного воска: время экстракции – 60 мин; температура экстрагента– 70 °С; для выделения антоцианидинового красителя: время экстракции – 70 мин; температура экстрагента– 70 °С; время экстракции – 80 мин; температура экстрагента– 90 °С.

Библиографический список

1. Актуальное состояние отрасли комплексной переработки лиственницы / А. В. Сафина, Р. Г. Сафин, А. Р. Хайрутдинова, Сайфутдинов Д.М., Валеев К.В., Асаева Л.Ш.// Деревообрабатывающая промышленность. – 2018. – № 1. – С. 83-91.
2. Комплексная переработка отходов древесины лиственницы / З. Г. Саттарова, К. В. Валеев, А. Р. Хайрутдинова, Д. М. Сайфутдинов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2017. – № 3. – С. 36-40.
3. Исследование влияния концентрации водно-этанольного раствора на выход биологически активных веществ из древесины лиственницы / А. В. Сафина, Д. Ф. Зиятдинова, Р. Г. Сафин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2020. – № 4. – С. 31-38.
4. Баюнова Е.А., Павлуцкая И.С., Короткий В.П., Рощин В.И., Энергетическая кормовая добавка из древесной зелени ели обыкновенной (*Picea Abies*) // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2014. № 38 С. 62–66.
5. Анализ рынка биологически активных добавок (БАДов) к пище в России в 2020-2024 г., прогноз на 2025-2029 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/research/45769/?ysclid=maml4gpaww759581114> (Дата обращения: 30.04.2025).

References

1. Aktual'noe sostojanie otrasli kompleksnoj pererabotki listvennicy / A. V. Safina, R. G. Safin, A. R. Hajrutdinova, Sajfutdinov D.M., Valeev K.V., Asaeva L.Sh.// Derevoobratyvajushhaja promyshlennost'. – 2018. – № 1. – S. 83-91.
2. Kompleksnaja pererabotka othodov drevesiny listvennicy / Z. G. Sattarova, K. V. Valeev, A. R. Hajrutdinova, D. M. Sajfutdinov // Derevoobratyvajushhaja promyshlennost'. – 2017. – № 3. – S. 36-40.
3. Issledovanie vlijaniya koncentracii vodno-jetanol'nogo rastvora na vyhod biologicheski aktivnyh veshhestv iz drevesiny listvennicy / A. V. Safina, D. F. Ziatdinova, R. G. Safin [i dr.] // Derevoobratyvajushhaja promyshlennost'. – 2020. – № 4. – S. 31-38.
4. Bajunova E.A., Pavluckaja I.S., Korotkij V.P., Roshhin V.I., Jenergeticheskaja kormovaja dobavka iz drevesnoj zeleni eli obyknovennoj (*Picea Abies*) // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2014. № 38 S. 62–66.
5. Analiz rynka biologicheski aktivnyh dobavok (BADov) k pishhe v Rossii v 2020-2024 g., prognoz na 2025-2029 g. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://marketing.rbc.ru/research/45769/?ysclid=maml4gpaww759581114> (Data obrashhenija: 30.04.2025).