

DOI: 10.58168/TBiEc2025_419-424

УДК 674

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОРЫ БЕРЁЗЫ**UMFASSENDE VERARBEITUNG VON BIRKENRINDE**

Фахрутдинова Л.Р., ассистент, инженер, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Fakhrutdinova L.R.**, assistant, Engineer, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Сафин Р.Г., д.т.н., профессор Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Safin R.G.**, doctor of Engineering, Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Зиятдинова Д.Ф., профессор, д.т.н., Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Ziatdinova D.F.**, professor, Doctor of Technical Sciences, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Аннотация: в статье рассматривается технология комплексной переработки берёзовой коры с целью получения ценного биологически активного вещества - бетулина. Описывается установка для переработки, включающая рубительную машину, сушильную камеру, дробилку, сепаратор и экстрактор. Представлена схема технологического процесса, позволяющая получить бетулин высокой степени чистоты и наполнитель для производства древесно-полимерных композитов. Исследуются свойства бетулина, его применение в медицине, пищевой промышленности и косметологии. Показаны противовоспалительные, антиоксидантные и заживляющие свойства вещества.

Abstract: the article discusses the technology of complex processing of birch bark to obtain valuable biologically active substance - betulin. The processing unit is described, including a chipping machine, drying chamber, crusher, separator and extractor. The technological process scheme is presented, allowing to obtain high purity betulin and filler for the production of wood-polymer composites. The properties of betulin, its application in medicine, food industry and cosmetology are explored. Anti-inflammatory, antioxidant and healing properties of the substance are shown.

Ключевые слова: бетулин, переработка коры берёзы, экстракция.

Keywords: betulin, birch bark processing, extraction.

На территории РФ скапливается большое количество отходов берёзы после окорки, которые сжигаются или гниют, образуя токсичные испарения, в то время как в коре берёзы содержатся ценное биологически активное вещество (БАВ) – бетулин. Он является БАВ с широким спектром применения.

Структурно бетулин относится к пентациклическим тритерпенам лупанового типа. Его кристаллы, плавящиеся при 256–257°C, демонстрируют высокую стабильность и растворимость в органических растворителях, таких как этанол и хлороформ, что упрощает процессы экстракции и модификации.

Рынок бетулина переживает бум: к 2026 году ожидается рост до \$24 млрд благодаря спросу на натуральные нутрицевтики и «чистую» косметику. Перспективы бетулина связаны с разработкой производных (например, иминов), усиливающих его антиоксидантные и противоопухолевые свойства, а также с оптимизацией методов экстракции, снижающих себестоимость.

Бетулин отлично помогает с воспалениями и заживлением ран. Его действие усиливается, если сочетать с антисептиками, особенно когда нужно бороться с определёнными микробами. Из-за своих уникальных свойств бетулин становится всё более популярным в медицине и косметологии. Его можно использовать как отдельно, так и в разных лекарственных формах, что открывает много возможностей для применения.

Помимо противовоспалительных свойств бетулин обладает антиоксидантными. Он применяется в пищевой промышленности как натуральный антиоксидант для увеличения срока годности мясных, молочных и хлебопекарных изделий, не влияя при этом вкусовые качества.

Бетулин нашел своё применение в косметической сфере. Биологически активная добавка, получаемая из бересты берёзы в качестве дополнительного компонента в крем, позволяет разглаживать мелкие морщины, оказывать увлажняющее и питательное воздействие.

На рисунке 1 представлена схема комплексной переработке коры берёзы с получением бетулина и сырья для изготовления ДПК.

Установка состоит из рубительной машины 1 с шлюзовым дозатором 2; сушильной камеры шахтного типа 3, оснащенной шиберной заслонкой 4, газодувкой 5, паровым калорифером 6, вентилем 7 для подачи влажного водяного пара; молотковой дробилки 8 с шиберной заслонкой 9 для выгрузки неизмельченных частиц и с перфорированной обечайкой 10, для удаления измельченных частиц; вибрационного сепаратора 11 с ситами - 12; буферных накопителей 13, 15; роторно-ножевой мельницы 14; смесителя 16; гравитационного осадителя - флорентины - 17, фильтрующих аппаратов 18, 19; экстрактора 20, оснащенный рубашкой 21 с охлаждаемой крышкой 22 экстрактора 20; куб-испаритель 23 с вентилем 24 подачи пара с датчиком температуры, коллектором 25, рубашкой 26 и ложным дном 27; конденсатор 28; флорентину 29 со смотровым стеклом; буферную емкость 30; вентилем 31, сепаратора 32.

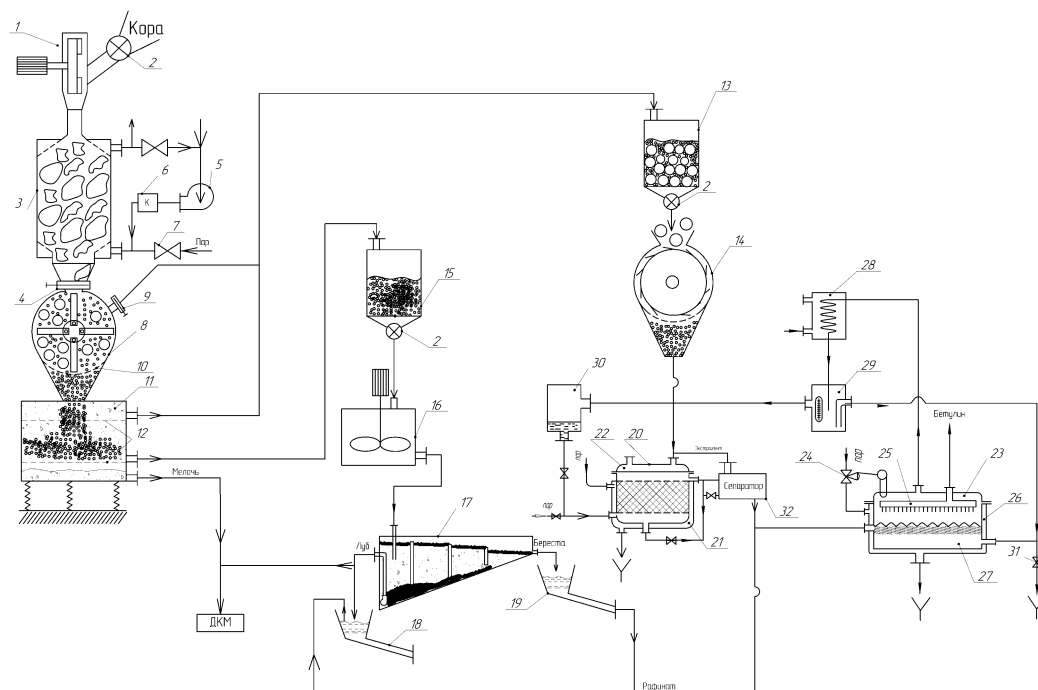


Рисунок 1 - Принципиальная схема комплексной переработки коры берёзы

Установка работает следующим образом. Кора берёзы проходит через рубительную машину, затем подается в сушильную камеру, где обрабатывается теплоносителем. После этого сырье измельчается в молотковой дробилке, где луб отделяется от бересты. Полученная масса проходит через вибрационный сепаратор, где разделяется на крупную, среднюю и мелкую фракции. Крупная фракция и остатки сепарации возвращаются в процесс, а средняя фракция подвергается сепарации на луб и бересту в смесителе и флорентине. Затем береста из флорентины направляется в экстрактор для извлечения бетулина. После экстракции происходит сепарация продуктов, включая бетулин, рафинат бересты и экстрагент. Луб, смешанный с рафинатом бересты, подвергается сушке и используется для производства древесно-полимерных композитных материалов. Вода, используемая в процессе, рециркулируется с помощью насоса и возвращается обратно в систему через смеситель.

Данная технология позволяет получить бетулин высокой степени чистоты, а также наполнитель для производства древесных композиционных плит.

Заключение.

Разработка технологии комплексной переработки позволяет сократить выбросы CO_2 в атмосферу и получить ценный продукт бетулин, который востребован в России благодаря своим свойствам и ДКМ, которые являются одними из самых прочных и износостойких материалов.

Список литературы

1. Инженерная методика расчета установки извлечения бетулина из бересты березы / А. В. Сафина, Д. Ф. Зиятдинова, Л. Р. Назипова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2024. – № 1(397). – С. 195-207.
2. Мандыбура, С. С. Комплексная химическая переработка березовой коры: применение бетулина / С. С. Мандыбура // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию : Материалы III Международной молодежной научно-практической конференции, Архангельск, 26–28 апреля 2022 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2022. – С. 481-484.
3. Обзор методов извлечения бетулина из коры березы / В. В. Губернаторов, Л. Р. Назипова, Д. А. Ахметова, А. А. Попов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2022. – № 4. – С. 88-94.
4. Патент № 2801732 С1 Российская Федерация, МПК C07J 53/00, C07J 63/00, B01D 11/04. способ получения бетулина : № 2023102213 : заявл. 01.02.2023 : опубл. 15.08.2023 / Р. Г. Сафин, А. В. Сафина, Л. Р. Назипова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет".
5. Противовирусная активность ацильных производных бетулина, бетулиновой и дигидрохинопимаровой кислот / О. Б. Казакова, И. Е. Смирнова, Л. А. Балтина [и др.] // Биоорганическая химия. – 2019. – Т. 45, № 1. – С. 69-74.
6. Сайфутдинов, Д. М. Обзор современных работ в отрасли получения бетулина / Д. М. Сайфутдинов, А. Р. Хайрутдинова, К. В. Валеев // ТРАДИЦИОННАЯ и ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 5 частях, Пермь, 10 января 2018 года. Том Часть 5. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2018. – С. 18-22.
7. Сайфутдинов, Д. М. способ получения бетулина / Д. М. Сайфутдинов, Д. Р. Абдуллина, Д. Р. Гумеров // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 14–16 мая 2019 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 23. Часть VI. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 330-334.
8. Сергеев, Д. В. Клинико-экспериментальная оценка противовоспалительных свойств бетулина / Д. В. Сергеев // Клиническая патофизиология. – 2013. – № 1-3. – С. 32-44. – EDN WXXHNR.
9. Шляхтун, А. Г. Влияние бетулина и бетулин-3,28-диацетата на скорость заживления термических ран у крыс / А. Г. Шляхтун, Е. А. Сидорович, В. О. Шатрова // Современные проблемы биохимии : сборник материалов конференции молодых ученых-

биохимиков с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения академика Ю.М. Островского, Гродно, 29 июня 2015 года. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2015. – С. 125-128.

10. Mathematical description of birch bark impregnation and heating process of birch bark with toluene / A. Safina, L. Nazipova, R. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences : XVI International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2023”, Rostov-on-Don, Russia, 01–05 марта 2023 года. Vol. 413. – Rostov-on-Don, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 06007.

References

1. Technische Methodik zur Berechnung der Anlage zur Extraktion von Betulin aus Birkenrinde / A. V. Safina, D. F. Ziatdinova, L. R. Nazipova [et al.] // Nachrichten von Hochschulen. Forstzeitschrift. - 2024. - Nr. 1 (397). - S. 195-207.

2. Mandybura, S. S. Komplexe chemische Verarbeitung von Birkenrinde: Die Verwendung von Betulin / S. S. Mandybura // Arktisforschung: Von der extensiven Entwicklung zur umfassenden Entwicklung: Proceedings der III. Internationalen Wissenschaftlichen und Praktischen Jugendkonferenz, Archangelsk, 26.-28. April 2022. - Archangelsk: Nördliche (Arktische) Föderale Universität benannt nach M. V. Lomonossow, 2022. - S. 481-484.

3. Übersicht über Verfahren zur Gewinnung von Betulin aus Birkenrinde / V. V. Governors, L. R. Nazipova, D. A. Akhmetova, A. A. Popov // Holzverarbeitende Industrie. – 2022. – Nr. 4. – S. 88-94.

4. Patent Nr. 2801732 C1 Russische Föderation, IPC C07J 53/00, C07J 63/00, B01D 11/04. Verfahren zur Gewinnung von Betulin: Nr. 2023102213: Anmeldung. 01.02.2023: Veröffentlich. 15.08.2023 / R. G. Safin, A. V. Safina, L. R. Nazipova [und andere]; Antragsteller: Staatliche Hochschule „Kasaner Nationale Forschungs- und Technologieuniversität“.

5. Antivirale Aktivität von Acylderivaten von Betulin, Betulinsäure und Dihydrochinopimarsäure / O. B. Kazakova, I. E. Smirnova, L. A. Baltina [et al.] // Bioorganische Chemie. – 2019. – Bd. 45, Nr. 1. – S. 69–74.

6. Saifutdinov, D. M. Überblick über moderne Arbeiten in der Betulinproduktionsindustrie / D. M. Saifutdinov, A. R. Khairutdinova, K. V. Valeev // TRADITIONELLE und INNOVATIVE WISSENSCHAFT: GESCHICHTE, AKTUELLER STAND, PERSPEKTIVEN: Sammlung von Artikeln der Internationalen wissenschaftlichen und praktischen Konferenz: in 5 Teilen, Perm, 10. Januar 2018. Band Teil 5. – Perm: Gesellschaft mit beschränkter Haftung „Aeterna“, 2018. – S. 18–22.

7. Saifutdinov, D. M. Methode zur Gewinnung von Betulin / D. M. Saifutdinov, D. R. Abdullina, D. R. Gumerov // Wissenschaft und Jugend: Probleme, Suchen, Lösungen: Proceedings der Allrussischen wissenschaftlichen Konferenz von Studenten, Doktoranden und jungen Wissenschaftlern, Nowokusnezk, 14.-16. Mai 2019 / Unter der Leitung von M. V. Temlyantsev.

Band, Heft 23. Teil VI. – Nowokusnezsk: Sibirische Staatliche Industrielle Universität, 2019. – S. 330–334.

8. Sergeev, D. V. Klinische und experimentelle Bewertung der entzündungshemmenden Eigenschaften von Betulin / D. V. Sergeev // Klinische Pathophysiologie. – 2013. – Nr. 1–3. – S. 32–44. – EDN WWXHNH.

9. Shlyakhtun, A. G. Einfluss von Betulin und Betulin-3,28-diacetat auf die Heilungsrate thermischer Wunden bei Ratten / A. G. Shlyakhtun, E. A. Sidorovich, V. O. Shatrova // Moderne Probleme der Biochemie: Materialsammlung der Konferenz junger Biochemiker mit internationaler Beteiligung, gewidmet dem 90. Geburtstag des Akademiemitglieds Yu. M. Ostrovsky, Grodno, 29. Juni 2015. – Grodno: Staatliche Medizinische Universität Grodno, 2015. – S. 125–128.

10. Mathematische Beschreibung der Imprägnierung und des Erhitzungsprozesses von Birkenrinde mit Toluol / A. Safina, L. Nazipova, R. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences: XVI. Internationale wissenschaftliche und praktische Konferenz „Stand und Perspektiven der Entwicklung der Agrarindustrie – INTERAGROMASH 2023“, Rostow am Don, Russland, 1.–5. März 2023. Band 413. – Rostow am Don, Russland: EDP Sciences, 2023. – S. 06007.