

4. Clemons, C.D. Wood-plastic composites in USA, Forest product Journal, 2002, 52 (6).

5. J.Aneli, L.Shamanauri, J. Aneli (junior). Polymer composite. Georgian Patent. P6127, 2014. Tbilisi, Georgia.

УДК 630^x86:582.632.1

М. А. Кушнер, доц., канд. хим. наук
Т. С. Селиверстова, доц., канд. хим. наук
Я. М. Каток, доц., канд. хим. наук
makushner@yandex.ru (БГТУ, г. Минск)

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ЭКСТРАКТОВ КОРЫ ОЛЬХИ

В Республике Беларусь, ольха издавна применялась и применяется в настоящее время для производства фанеры. Ещё до Великой Отечественной войны все фанерные заводы в БССР работали преимущественно на ольхе. Известно, что сразу после революции и окончания гражданской войны, когда страна ещё находилась в состоянии разрухи, начались поставки фанеры на экспорт. Так в 1921-1922 операционном году на экспорт было поставлено 4038 м³ фанеры, а в 1925-1926 году было экспортировано почти 10 тыс. м³ фанеры. И из них почти 50% приходилось на ольховую фанеру. Ольховая фанера по выделке, сортировке и качеству предпочитается во многих случаях берёзовой фанере. Основной страной-получателем была Англия [1].

В лесном фонде Беларуси черноольховые леса занимают 694,5 тыс. га, что составляет 8,6% от лесопокрытой площади. В силу того, что древесина ольхи черной является ценным сырьем для выработки фанеры, древостои этой породы интенсивно вырубаются, начиная со второй половины XIX века [2]. В результате на предприятиях деревообрабатывающей промышленности скапливается кора ольхи в виде отходов, количество которых достигает 15% от перерабатываемой древесины. Как известно, основная масса древесной коры сжигается или вывозится в отвалы, хотя, как показывают исследования, такая утилизация крайне нерентабельна, так как высокая влажность отходов обуславливает низкую теплоту сгорания. Кроме того, образующиеся продукты сгорания и несгоревшие частицы оказывают негативное влияние на окружающую среду [3].

В тоже время, очевидно, что по своему химическому составу кора является уникальным возобновляемым сырьем для получения многих востребованных натуральных продуктов. В коре, наряду с полисахаридами и лигнином, находятся флавоноиды, красящие, пекти-

новые, смолистые и другие вещества. Важно отметить, что кору ольхи, благодаря наличию в ней биологически активных соединений, издавна применяли в народной медицине для лечения различных заболеваний.

Как с технологической, так и с экономической точек зрения весьма насущной задачей на современном этапе развития деревоперерабатывающих отраслей промышленности является необходимость более рационального использования такого природного сырья, как древесная кора, чему в последнее время посвящено много исследований. Перспективным направлением утилизации коры является её экстракция с целью наиболее полного извлечения экстрактивных веществ, которые в дальнейшем могут быть переработаны в востребованные товарные продукты.

Ранее нами предложена и опробована схема последовательной экстракции коры ольхи, что позволило выделить комплекс природных веществ – пектиновые вещества, пентациклические тритерпеноиды ряда лупана и диарилгептаноиды (орегонин и др.) [4].

Цель настоящего исследования – экстракционное выделение из коры ольхи биологически активных веществ фенольной природы и изучение состава экстрактов.

В качестве объекта исследования использовалась кора ольхи черной (*Alnus glutinosa*) промышленной окорки, отбор которой осуществлялся из отвалов деревообрабатывающего предприятия «Борисовдрев». Возраст переработанной древесины ольхи составлял около 67 лет. Кора высушивалась и измельчалась на фракции размером до 2 мм.

Предварительно измельченную кору подвергали экстракции малополярным растворителем гексаном в аппарате Сокслета в течение 6 ч. При охлаждении экстракта был получен осадок. После вакуумной отгонки растворителя выделена маслообразная фракция экстрактивных веществ. Осадок в основном на наш взгляд представлен тритерпеноидом ряда лупана бетулином, что подтверждают его $T_{пл.}$ (251°C) и спектральные характеристики (ИК и УФ), аналогичные литературным данным [4]. Основной компонент маслообразной фракции в соответствии с полученными нами спектральными характеристиками представлен диарилгептаноидом орегонином (1,7-ди-(3,4-дигидроксифенил)-3-оксогепт-5-ил-β-D-ксилопиранозидом) [5].

Остаток коры после гексановой экстракции подвергли экстрагированию 60 %-ным этанолом в аппарате Сокслета в течение 3 часов. При этом убыль коры по массе составила 27 %.

Полученный водно-этанольный экстракт подвергли ВЭЖХ анализу с применением высокоэффективного хромато-масс-спектрометра

Waters с диодно-матричным спектрофотодетектором PDA 996 и масс-детектором «Micromass ZQ 2000 (Waters, США), колонка «HYPERASIL C18» длиной 250 мм и диаметром 4,6 мм., размер частиц 5 мкм. В качестве подвижной фазы использовали раствор ацетонитрила (А) в 0,1 % муравьиной кислоте (Б) при скорости элюирования 1мл/мин. Элюирование осуществляли в градиентном режиме (0-5 минут А/Б = 20\80; 5-20 минут А/Б = 40\60; 20-40 минут А/Б = 60\40). Объем вводимой пробы – 20 мкл. Тип ионизации – электроспрей ионизация (ESI). Запись масс-спектров производили в режиме регистрации положительных и отрицательных ионов.

Порцию водно-этанольного экстракта упарили. Остаток (100 мг) растворили в небольшом количестве этанола и разделяли методом препаративной хроматографии на силикагеле 60 F₂₅₄. В качестве элюента использовали четыреххлористый углерод:этанол – 9:1. В результате были выделены 3 основные фракции. Полученные образцы были проанализированы спектральными методами (ИК и ЯМР ¹H). ИК спектры регистрировали на Фурье-спектрометре Bruker Tensor 27 в таблетках KBr, спектры ЯМР ¹H – на спектрометре Bruker AC-500 (500МГц), растворитель ДМСО-d₆.

Полученные результаты позволяют предположить, что состав водно-этанольного экстракта принципиально отличается от экстракта спиртовым раствором соляной кислоты, выделенного нами ранее [4]. Так последний представлял собой преимущественно смесь антоцианидиновых красителей (УФ (λ_{\max} , нм): 465-550), которые очевидно и представляют собой основной класс флаваноидов коры ольхи. Электронные спектры большинства фракций нейтрального экстракта, полученного в настоящем исследовании не имеют полос поглощения в длинноволновой области спектра (> 300 нм), характерной для большинства основных групп флаваноидов, вследствие наличия в их молекулах хромофорных групп. Исключение составляют две фракции с временами удержания 4,03 (I) мин и 21,65(II) мин, УФ спектры которых имеют полосы поглощения 310,81 нм и 326,81 нм соответственно. Анализ масс-спектров позволяет предположить, что основным веществом фракции I может являться эпикатехин-3-галлат (m/z 442), а фракции II – 3,5-диглюкозид мальвидина (m/z 655). Большинство фракций экстракта на наш взгляд в качестве основных компонентов включают полностью или частично этерифицированные галловой кислотой моносахариды – типичные представители гидролизуемых танинов, что согласуется с соответствующими электронными и масс-спектрами (например, галлотанин (m/z 635). Среди других основных компонентов следует выделить арилгептаноиды орегонин (m/z 478,

ИК, см⁻¹: 3342, 2922, 1703), гирсутанол (m/z 480), которые также были выделены препаративной хроматографией. Другая фракция, полученная в результате препаративной хроматографии вероятно представляет собой флаваноид катехиновой группы 5,7-диметоксиглабрен, также не имеющий полос поглощения в длинно-волновой области электронного спектра. Содержание данного флаваноида подтверждается данными спектра ЯМР ¹H. Третья фракция по всей вероятности содержит в качестве основного компонента соединение ряда сапонинов – сапониндиглюкозид (m/z 738, ИК, см⁻¹: 3433, 2924, 1621).

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <http://www.allfanera.ru/productions/view/1.htm>
2. Русаленко А.И. Возобновление леса в черноольшаниках Беларуси // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. 2014. № 1. С. 167–170.
3. Ковернинский И.Н. Комплексная химическая переработка древесины / И.Н. Ковернинский, В.И. Комаров, С.И. Третьяков и др. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та. 2002. – 347 с.
4. Селиверстова Т. С., Кушнер М. А. Экстрактивное выделение комплекса биологически активных веществ из коры ольхи / Лесной и химический комплексы – проблемы и решения [Электронный ресурс]: сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практ. конф. (7 декабря 2017 г., Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2017. –Режим доступа: <http://www.sibsau.ru/index.php/nauka-i-innovatsii/izdatelskayadeyatelnost>. С. 359-361.
5. Lee M.W. Diarylheptanoids from leaves of *Alnus hirsute* Turch // Arh. Parm. Res.2000. Vol. 23. № 7. P. 50-53.

УДК 664.2

В.В. Литвяк¹, доцент, д-р техн. наук
А.Н. Батян², проф., д-р м. наук
В.А. Кравченко², канд. биолог. наук
kravchenko.v.anat@gmail.com

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», ²МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Беларусь

ОБЛУЧЕНИЕ КРАХМАЛА ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ С ЦЕЛЬЮ ЕГО МОДИФИКАЦИИ

Известно, что немодифицированный крахмал плохо растворяется в холодной воде [1, 2]. Повышенной растворимостью обладают модифицированные крахмалы, в том числе окисленные, вследствие чего они широко востребованы в стройиндустрии, целлюлозно-бумажной, текстильной и, особенно, в пищевой промышленности [1–3].