

УДК 633.877+547.9:54.066

СРАВНИТЕЛЬНАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭМУЛЬСИОННЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ *ABIES SIBIRICA*, *PICEA ABIES*, *PINUS SYLVESTRIS*

© Н.Н. Скрипова, Т.В. Хуршкайнен*, А.В. Кучин

Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Первомайская 48,
Сыктывкар, 167000, Россия, hurshkainen@mail.ru

В представленной работе проведены сравнительные исследования антиоксидантных свойств экстрактов из древесной зелени пихты (*Abies sibirica*), ели (*Picea abies*) и сосны (*Pinus sylvestris*), полученных экологически безопасным эмульсионным методом с использованием водно-щелочного раствора в качестве экстрагента, определено содержание фенольных компонентов с применением реактива Фолина-Чокальтеу и флавоноидов – реакцией комплексообразования с хлоридом алюминия. Наибольшее содержание полифенолов и флавоноидов определено в экстракте древесной зелени ели – 0.382 и 0.341% соответственно. Наибольшая антиоксидантная активность, установленная фосфомолибдатным методом относительно аскорбиновой кислоты, обнаружена у экстракта ели, что согласуется с более высоким содержанием фенольных компонентов относительно экстрактов пихты и сосны. Выполненная оценка изменения активности экстрактов при хранении показала, что активность образцов ДЗ ели и сосны при хранении незначительно снижается. Напротив, активность экстракта пихты значительно уменьшается при хранении: на 12% – уже через месяц, на 35% – через 3 месяца и на 40% – через 6 месяцев. Оценка антиоксидантной активности является предварительным анализом, позволяющим выдвинуть гипотезу о возможном применении хвойных экстрактов.

Ключевые слова: древесная зелень, *Abies sibirica*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, эмульсионная экстракция, фенольные компоненты, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Скрипова Н.Н., Хуршкайнен Т.В., Кучин А.В. Сравнительная антиоксидантная активность эмульсионных экстрактов древесной зелени *Abies sibirica*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris* // Химия растительного сырья. 2026. №2. Online First. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217260>.

Введение

При заготовке хвойных деревьев остается значительное количество отходов, в том числе древесной зелени (ДЗ). Эта растительная биомасса обладает высоким потенциалом для практического использования. Хвойная ДЗ содержит комплекс уникальных экстрактивных биологически активных веществ (БАВ). Изучение антиоксидантной активности (АОА) экстрактивных соединений вызывает интерес с точки зрения оценки фармакологических эффектов и их механизмов [1].

Основными группами низкомолекулярных веществ хвойных пород являются моно-, сескви-, ди- и тритерпеноиды, высшие жирные кислоты, фенольные соединения, алифатические спирты и др., обладающие широким спектром биологической активности. Отличительной особенностью пихты является наличие в составе ДЗ тритерпеноидов с модифицированным ланостановым углеродным скелетом, для которых определены противоопухолевые, противовоспалительные, противомикробные и адаптогенные свойства [2]. Установлена АОА эфирных масел хвои и коры пихты [3, 4]. Водный экстракт древесины пихты, содержащий лигнаны (изоларицирезинол, гидроксиматаирезинол, секоизоларицирезинол, ларицирезинол, пинорезинол и матаирезинол), обладает большей антиоксидантной активностью *in vitro*, чем аскорбиновая кислота и ресвератрол [5].

ДЗ ели является источником фенольных кислот (коричной, протокатеховой, *n*-кумаровой, галловой, феруловой), флавоноидов (катехин, дигидрокверцетин), смоляных кислот (абиетиновой, дегидроабиетиновой), жирных кислот (пальмитиновой, олеиновой, линолевой), лигнанов (гидроксипинорезинол),

* Автор, с которым следует вести переписку.

стильбеновых гликозидов (пицеид, астрингин, изорапонтин), стеринов, полисахаридов. Различные виды биологической активности компонентов еловой биомассы описаны в работах отечественных и зарубежных специалистов [6–8]. При исследовании метанольного экстракта коры ели установлено, что фракции, содержащие фенольные соединения, в тесте со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразида (ДФПГ) продемонстрировали значительную АОА [9]. Экстракты коры ели, богатые стильбенами, являются потенциальными консервантами благодаря их антиоксидантным, противогрибковым и антибактериальным свойствам [10]. Установлена АОА экстрактов еловых шишек в тесте с ДФПГ [11].

ДЗ сосны отличается от других видов хвойных высоким содержанием дитерпеновых кислот, обладающих цитотоксической и антимикробной активностью [12, 13]. В работе, посвященной переработке сосновых отходов с использованием экологически чистых технологий, утверждается, что кора сосны – один из самых востребованных источников природных антиоксидантов [14]. В обзоре [15] обобщены литературные данные о выделении фенольных соединений из древесных отходов сосны (*P. sylvestris*) и ели (*P. abies*) и показана антиоксидантная, противогрибковая, антибактериальная активность компонентов и экстрактов.

Авторы исследования [16] провели сравнительный анализ эфирных масел различных хвойных пород и заключили, что компоненты пихты, сосны и кедра обладают большей АОА, чем аскорбиновая кислота. Однако была выявлена значительная вариативность в применении различных методов анализа АОА, а также в результатах, полученных из одного и того же вида растений и их частей. Различия обусловлены и разницей в методах экстракции, влиянием почвенно-климатических факторов произрастания растений.

Исследования качественного состава водно-спиртовых экстрактов коры и древесины хвойных пород, произрастающих на территории России, показали высокую АОА, значительное содержание полифенолов в образцах [17].

Экологически безопасный эмульсионный метод экстракции с использованием водно-щелочных растворов позволяет извлекать комплекс липофильных и гидрофильных соединений различной полярности без использования органических растворителей [12]. Целью исследования является сравнительная оценка АОА эмульсионных экстрактов хвойной ДЗ.

Экспериментальная часть

Материалы и методы. ДЗ пихты, ели и сосны заготавливали в пригородах г. Сыктывкара. Предварительный размол сырья проводили на дисковом измельчителе до фракции 80–100 мм, затем на шнековом измельчителе до фракции 1.5–3.0 мм. Влажность ДЗ определяли по методу Дина и Старка [18].

Получение образцов для анализа. Экстракты из ДЗ выделяли методом эмульсионной экстракции в автоматизированном реакционно-фильтрационном аппарате с механическим перемешиванием объемом 500 л при температуре 45–50 °С и соотношении объема водно-щелочного раствора к массе сырья – 10 : 1. Образцы экстрактов хранили в прохладном месте в таре из темного стекла.

Для характеристики исследуемых образцов определяли содержание в них экстрактивных веществ (ЭВ) как сумму нейтральных и кислых компонентов [12].

Общее содержание полифенолов (ОСПФ) определяли с помощью реакции с реактивом Фолина-Чокальтеу [19].

В мерную колбу вместимостью 25 мл помещали аликвоту образца, доводили объем 70% этиловым спиртом до метки (раствор А). 0.5 мл раствора А помещали в мерную колбу объемом 25 мл, приливали 20 мл дистиллированной воды, затем 0.3 мл реактива Фолина-Чокальтеу и 3 мл 20%-ного раствора Na₂CO₃. Объем доводили до метки дистиллированной водой и перемешивали (раствор Б). Раствор Б выдерживали при комнатной температуре 20 мин, перемешивали и измеряли оптическую плотность при длине волны 740–760 нм. Одновременно в тех же условиях измеряли оптическую плотность раствора галловой кислоты (Alfa Aesar).

Общее содержание флавоноидов (ОСФ) в образцах определяли реакцией комплексообразования с хлоридом алюминия [20].

5 мл образца смешивали с 1 мл 5%-ного раствора хлорида алюминия и 2 мл буферного раствора (рН 3.8) в 70%-ном этиловом спирте. Оптическую плотность измеряли при длине волны 409 нм. Одновременно в тех же условиях измеряли оптическую плотность раствора стандартного образца рутина (Alfa Aesar).

Общую антиоксидантную активность образцов определяли фосфомолибдатным методом [21]. Аликвоту 0.2 мл образца, разбавленную в 100 раз 70%-ным этиловым спиртом, смешивали с 2 мл реакционного раствора (4 мМ молибдата аммония, 28 мМ дигидрофосфата натрия, 0.6 М серной кислоты).

Полученные смеси термостатировали в закрытых колбах при 95 °С в течение 90 мин, затем охлаждали до комнатной температуры. Оптическую плотность растворов измеряли при длине волны 850 нм. Раствор сравнения термостатировали в тех же условиях. Для определения концентрации окрашенного комплекса Mo(V) предварительно строили градуировочный график с использованием аскорбиновой кислоты (в диапазоне концентраций 10–100 мкг/мл). АОА определяли как общее содержание антиоксидантных веществ в экстрактах, выраженное в мг-эквивалентах аскорбиновой кислоты (ЭАК) на 1 г растительного сырья:

$$AOA = \frac{0.1 \cdot k \cdot A_{850} \cdot V_{ext}}{m_{plant}}, \text{ мг ЭАК/г}$$

где 0.1 – коэффициент разбавления, k – калибровочный коэффициент, определен по градуировочному графику; A_{850} – оптическая плотность при длине волны 850 нм; V_{ext} – объем экстракта, мл; m_{plant} – масса абсолютно-сухого сырья, г.

Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-1700 в кварцевых кюветках с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Все измерения проводились в трехкратной повторяемости. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы Microsoft Excel 2010.

Обсуждение результатов

Проблема рационального природопользования тесно связана с комплексной переработкой растительного сырья, в том числе хвойных отходов, с применением принципов зеленой химии для получения практически значимых препаратов. В Институте химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН разработан экологически безопасный метод эмульсионной переработки растительного сырья без использования органических растворителей [12].

Авторами представленной работы проведены экспериментальные исследования зависимости выхода экстрактивных веществ от условий эмульсионной экстракции хвойной ДЗ. Определены оптимальные условия экстракции сырья, осуществлен цикл биологических исследований хвойных экстрактов. В результате получены эффективные биопрепараты для сельского хозяйства [22, 23]. С целью разработки новых препаратов для фармакологии проведены исследования АОА хвойных экстрактов.

Образцы для исследований были получены в процессе масштабирования эмульсионной экстракции хвойной ДЗ в промышленном экстракторе (рис. 1). Выход экстрактивных веществ представлен в таблице 1.



Рис. 1. Схема получения образцов для исследований

Таблица 1. Выход экстрактивных веществ из эмульсионных экстрактов хвойной ДЗ

Образец	Выход экстрактивных веществ, г/л		
	Нейтральных	Кислых	Сумма
1 – экстракт ДЗ ели	0.48±0.04	5.00±0.04	5.48
2 – экстракт ДЗ пихты	1.24±0.04	8.20±0.40	9.44
3 – экстракт ДЗ сосны	0.48±0.05	6.90±0.35	7.38

АОА экстрактивных веществ обусловлена химическим составом сырья и во многом определяется веществами фенольного характера. На рисунке 2 представлены основные компоненты ДЗ хвойных пород.

Из пихты эмульсионным способом выделено наибольшее количество ЭВ, как нейтральных, так и кислых. Фракция кислых компонентов содержит в основном тритерпеновые кислоты. По литературным данным, содержание фенольных компонентов в ДЗ пихты сибирской составляет до 0.6% от массы сырья [24].

Выход ЭВ из эмульсионного экстракта ДЗ сосны ниже, чем из пихты. По литературным данным, антиоксидантная активность экстрактов хвой сосны обусловлена содержанием фенолкарбоновых и дитерпеновых кислот в сырье [25].

Значительно меньше ЭВ выделено из эмульсионного экстракта ДЗ ели, но то сырье отличается высоким содержанием фенольных соединений. Только *para*-гироксиацетофена (рис. 2) в ДЗ ели содержится до 0.2–0.3% от массы сырья [26]. В составе кислых компонентов в основном содержатся полифенольные соединения, флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты [8].

Анализ общего содержания полифенолов (ОСПФ) и общего содержания флавоноидов (ОСФ) в образцах эмульсионных экстрактов (табл. 2) показал самое большое содержание флавоноидов и полифенолов в образце экстракта ДЗ ели, что объясняется высоким содержанием фенольных компонентов в сырье.

Для определения общей антиоксидантной активности образцов эмульсионных экстрактов хвойной ДЗ использован фосфомолибдатный метод [20]. Исследование общей АОА полученных образцов проведено в одинаковых условиях пробоподготовки и периода хранения, результаты представлены в таблице 3.

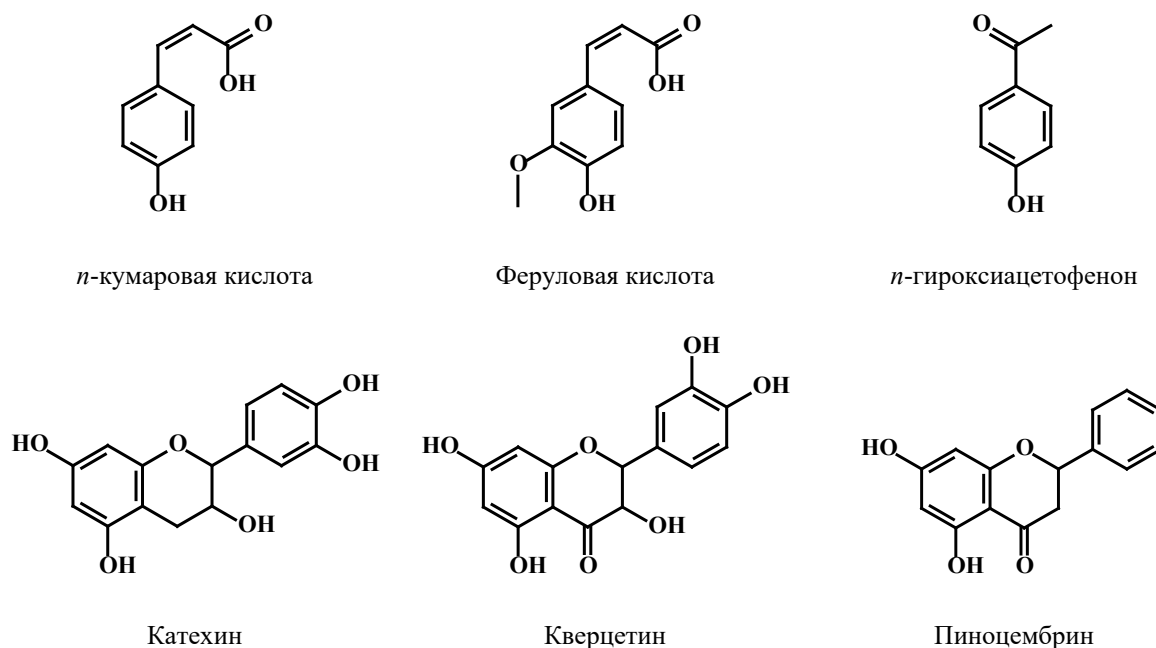


Рис. 2. Структуры основных фенольных компонентов ДЗ хвойных

Таблица 2. Общее содержание полифенолов и флавоноидов в образцах, %

Образец	ОСПФ	ОСФ
1 – экстракт ДЗ ели	0.382±0.001	0.341±0.010
2 – экстракт ДЗ пихты	0.291±0.002	0.269±0.001
3 – экстракт ДЗ сосны	0.255±0.005	0.210±0.002

Таблица 3. АОА эмульсионных экстрактов хвойной ДЗ, мг ЭАК/г сырья

Образец	АОА свежеполученных образцов, без хранения	Период хранения образцов		
		1 месяц	3 месяца	6 месяцев
1 – экстракт ДЗ ели	0.265±0.002	0.274±0.002	0.233±0.001	0.229±0.000
2 – экстракт ДЗ пихты	0.234±0.001	0.203±0.002	0.153±0.001	0.141±0.001
3 – экстракт ДЗ сосны	0.216±0.001	0.217±0.002	0.213±0.001	0.211±0.001

Анализ проведенных исследований показал, что все образцы эмульсионных экстрактов хвойной ДЗ обладают АОА. Наибольшую активность показал образец экстракта из ДЗ ели. Поскольку исследования АОА выполнены для низкомолекулярных компонентов растительного сырья, в число которых входят терпеноиды, склонные к перегруппировкам, окислительным процессам и прочим превращениям, актуальной была оценка АОА образцов экстрактов при хранении в течение 1, 3 и 6 месяцев. Кроме того, эти данные важны для практического применения эмульсионных экстрактов.

Установлено, что АОА образцов ДЗ ели и сосны при хранении незначительно снижается. Напротив, активность экстракта пихты значительно уменьшается при хранении: на 12% уже через месяц, на 35% – через 3 месяца и на 40% – через 6 месяцев. Полученные результаты можно объяснить снижением в экстракте количества легколетучих компонентов, которыми наиболее богата ДЗ пихты. Из литературы известно, что эфирные масла обладают АОА и антирадикальной активностью, причем активность циклических непредельных монотерпеновых углеводов сопоставима с активностью полифенолов и α -токоферола [27].

Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что эмульсионные экстракты древесной зелени пихты *Abies sibirica*, ели *Picea abies* и сосны *Pinus sylvestris* продемонстрировали сопоставимый антиоксидантный потенциал с аскорбиновой кислотой. Сравнительные исследования показали, что экстракт ДЗ ели, содержащий меньшее количество экстрактивных веществ, обладает более высокими антиоксидантными свойствами, чем протестированные образцы из пихты и сосны.

Хвойная древесная зелень исследованных пород может выступать в качестве возобновляемого источника природных антиоксидантов с целью получения экологически безопасным методом эмульсионной экстракции биопрепаратов для применения в фармакологии, одновременно решая проблему утилизации отходов лесозаготовок.

Финансирование

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Химия» Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 125020301261-5).

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Popescu D.I., Frum A., Dobrea C.M., Cristea R., Gligor F.G., Vicas L.G., Ionete R.E., Sutan N.A., Georgescu C. Comparative Antioxidant and Antimicrobial Activities of Several Conifer Needles and Bark Extracts // *Pharmaceutics*. 2023. Vol. 16 (1). 52. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16010052>.
2. Kim S.N., Um B.H., Kim C.Y., Lee W., Park Y.S., Chibiryayev A.M., Kukina T.P., Malykhin E.V., Vaganova T.A., Popov S.A. Novel types of bioactivities for extracts from *Abies sibirica* // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2008. Т. 16, №1. С. 53–57.
3. Поляков Н.А., Дубинская В.А., Ефремов А.А., Ефремов Е.А. Влияние эфирного масла пихты сибирской (*Abies sibirica*) и его отдельных компонентов на активность некоторых ферментов *in vitro* // *Химико-фармацевтический журнал*. 2014. №7. С. 30–34
4. Benkovic E.T., Grohar T., Zigon D., Svajger U., Janes D., Kreft S., Strukelj B. Chemical composition of the silver fir (*Abies alba*) bark extract Abigenol® and its antioxidant activity // *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 52. Pp. 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.005>.
5. Zigon D., Mihailovic V., Petelinc T., Jamnik P., Kreft S. Identification, in vitro and in vivo Antioxidant Activity, and Gastrointestinal Stability of Lignans from Silver Fir (*Abies alba*) Wood Extract // *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2017. Vol. 37, no. 6. Pp. 1–11. <https://doi.org/10.1080/02773813.2017.1340958>.
6. Nastic N., Gavaric A., Vladic J., Vidovic S., Acimovic M., Puvaca N., Brkic I. Spruce (*Picea abies* (L.). H. Karst): Different Approaches for Extraction of Valuable Chemical Compounds // *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*. 2020. Vol. 3(3). Pp. 437–447.

7. Klavins L., Almonaityte K., Salaseviciene A., Klavins M. Strategy of Coniferous Needle Biorefinery into Value-Added Products to Implement Circular Bioeconomy Concepts in Forestry Side Stream Utilization // *Molecules*. 2023. Vol. 28. 7085. <https://doi.org/10.3390/molecules28207085>.
8. Soultanov V.S., Kulyashova L.B., Nikitina T.V., Roschin V.I. Antimycotic Activity of Conifer Green Needle Complex against Clinical Strains of *Candida* Species // *Natural Product Communications*. 2018. Vol. 13, no. 1. Pp. 75–78. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300123>.
9. Angelis A., Hubert J., Aligiannis N. et al. Bio-Guided Isolation of Methanol-Soluble Metabolites of Common Spruce (*Picea abies*) Bark by-Products and Investigation of Their Dermo-Cosmetic Properties // *Molecules*. 2016. Vol. 21. 1586. <https://doi.org/10.3390/molecules21111586>.
10. Valimaa A.-L., Raitanen J.-E., Tienaho J., Sarjala T., Nakayama E., Korpinen R., Makinen S., Eklund P., Willfor S., Jyske T. Enhancement of Norway spruce bark side-streams: Modification of bioactive and protective properties of stilbenoid-rich extracts by UVA-irradiation // *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 145. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112150>.
11. Hofmann T., Visi-Rajczi E. Antioxidant Capacity and Tentative Identification of Polyphenolic Compounds of Cones of Selected Coniferous Species // *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 2020. Vol. 16, no. 2. Pp. 79–94. <https://doi.org/10.37045/aslh-2020-0006>.
12. Nikinova N.N., Hurshkainen T.V., Shevchenko O.G., Kutchin A.V. «Green technology» processing of pine (*Pinus sylvestris* L.) and larch (*Larix sibirica* Ledeb.) wood greenery to produce bioactive extracts // *Holzforschung*. 2022. Vol. 76, no. 3. Pp. 276–284. <https://doi.org/10.1515/hf-2021-0122>.
13. Teng J., Zhang R., Zhang Y.-W., Duan H.-Q., Takaishi Y. A new labdanic norditerpene from *Pinus sylvestris* // *Natural Product Research*. 2010. Vol. 24. Pp. 1587–1591. <https://doi.org/10.1080/14786410802696684>.
14. Ferreira-Santos P., Zanuso E., Genisheva Z., Rocha C.M.R., Teixeira J.A. Green and Sustainable Valorization of Bioactive Phenolic Compounds from *Pinus* By-Products // *Molecules*. 2020. Vol. 25(12). 2931. <https://doi.org/10.3390/molecules25122931>.
15. Metsämuuronen S., Siren H. Bioactive phenolic compounds, metabolism and properties: a review on valuable chemical compounds in Scots pine and Norway spruce // *Phytochem Reviews*. 2019. Vol. 18. Pp. 623–664. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09630-2>.
16. Ancuceanu R., Anghel A.I., Hovanet M.V., Ciobanu A.-M., Lascu B.E., Dinu M. Antioxidant Activity of Essential Oils from Pinaceae Species // *Antioxidants*. 2024. Vol. 13(3). 286. <https://doi.org/10.3390/antiox13030286>.
17. Гаврилов А.Б., Горяинов С.В., Мариничев А.А., Гесслер Н.Н., Кляйн О.И., Исакова Е.П., Дерябина Ю.И. Состав полифенолов в биоматериалах российских хвойных пород // *Химия растительного сырья*. 2019. №2. С. 51–58. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024260>.
18. Колесников А.Л. Технический анализ продуктов органического синтеза. М., 1966. С. 22.
19. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidations substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent // *Methods in enzymology*. 1999. Vol. 299. Pp. 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
20. Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. Алматы, 2004. 288 с.
21. Prieto P., Pineda M., Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E // *Analytical Biochemistry*. 1999. Vol. 269, no. 2. Pp. 337–341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>.
22. Кучин А.В., Хуршкайнен Т.В. Хвойная кормовая добавка Вэрва для животных и птиц. Сыктывкар, 2019. 160 с. <https://doi.org/10.19110/89606-003>.
23. Кучин А.В., Хуршкайнен Т.В. Вэрва – комплексные биопрепараты для растениеводства. Сыктывкар, 2020. 240 с. <https://doi.org/10.19110/89606-012>.
24. Малыхин Е.В., Ваганова Т.А., Кукина Т.П., Попов С.А., Чибиряев А.М. Древесная зелень пихты сибирской как сырье для производства биологически активных веществ // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2007. Т. 15, №3. С. 291–308.
25. Ганенко Т.В., Медведева С.А. Антиоксидантная активность экстрактивных веществ *Pinus Sylvestris* (Pinaceae) // *Растительные ресурсы*. 2006. №1. С. 91–96.
26. Васильев С.Н., Роцин В.И., Фелеке С. Экстрактивные вещества древесной зелени *Picea Abies* (L.) Karst // *Растительные ресурсы*. 1996. Т. 1. №1-2. С. 151–180.
27. Самусенко А.Л. Исследование антиоксидантной активности эфирных масел лимона, розового грейпфрута, кориандра, гвоздики и их смесей методом капиллярной газовой хроматографии // *Химия растительного сырья*. 2011. №3. С. 107–112.

Поступила в редакцию 22 апреля 2025 г.

После переработки 28 января 2026 г.

Принята к публикации 29 января 2026 г.

Skipova N.N., Hurshkainen T.V.*, Kutchin A.V. COMPARATIVE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EMULSION EXTRACTIVES FROM THE WOOD GREENERY OF *ABIES SIBIRICA*, *PICEA ABIES*, *PINUS SYLVESTRIS*

Institute of Chemistry Komi Science Center Ural Division of RAS, st. Pervomaiskaya, 48, Syktyvkar, 167000, Russia, hurshkainen@mail.ru

Antioxidant activity is an important characteristic of plant extracts. The paper presents the results of research the antioxidant properties and the total content of polyphenolic components of extracts from wood greenery of fir (*Abies sibirica*), spruce (*Picea abies*) and pine (*Pinus sylvestris*), obtained by an environmentally friendly emulsion method using an aqueous alkaline solution as an extractant, were determined. The total content of phenolic components was determined using the Folin-Ciocalteu reagent, the total content of flavonoids was determined by a complexation reaction with aluminum chloride, and the total antioxidant activity was determined using the phosphomolybdate method. It is established that emulsion extracts of coniferous wood greenery have antioxidant activity, and an assessment was made of changes in the activity of the extracts during storage.

Keywords: wood greenery, *Abies sibirica*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, emulsion extraction, phenolic components, antioxidant activity.

For citing: Skripova N.N., Hurshkainen T.V., Kutchin A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, Online First. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260217260>.

References

1. Popescu D.I., Frum A., Dobrea C.M., Cristea R., Gligor F.G., Vicas L.G., Ionete R.E., Sutan N.A., Georgescu C. *Pharmaceutics*, 2023, vol. 16 (1), 52. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16010052>.
2. Kim S.N., Um B.H., Kim C.Y., Lee W., Park Y.S., Chibiryaev A.M., Kukina T.P., Malykhin E.V., Vaganova T.A., Popov S.A. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2008, vol. 16, no. 1, pp. 53–57.
3. Polyakov N.A., Dubinskaya V.A., Yefremov A.A., Yefremov Ye.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2014, no. 7, pp. 30–34. (in Russ.).
4. Benkovic E.T., Grohar T., Zigon D., Svajger U., Janes D., Kreft S., Strukelj B. *Industrial Crops and Products*, 2014, vol. 52, pp. 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.005>.
5. Zigon D., Mihailovic V., Petelinc T., Jamnik P., Kreft S. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 2017, vol. 37, no. 6, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1080/02773813.2017.1340958>.
6. Nastic N., Gavarić A., Vladoić J., Vidović S., Acimović M., Puvaca N., Brkić I. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 2020, vol. 3(3), pp. 437–447.
7. Klavins L., Almonaityte K., Salaseviciene A., Klavins M. *Molecules*, 2023, vol. 28, 7085. <https://doi.org/10.3390/molecules28207085>.
8. Soultanov V.S., Kulyashova L.B., Nikitina T.V., Roschin V.I. *Natural Product Communications*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 75–78. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300123>.
9. Angelis A., Hubert J., Aligiannis N. et al. *Molecules*, 2016, vol. 21, 1586. <https://doi.org/10.3390/molecules21111586>.
10. Valimaa A.-L., Raitanen J.-E., Tienaho J., Sarjala T., Nakayama E., Korpinen R., Makinen S., Eklund P., Willfor S., Jyske T. *Industrial Crops and Products*, 2020, vol. 145. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112150>.
11. Hofmann T., Visi-Rajczi E. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 2020, vol. 16, no. 2, pp. 79–94. <https://doi.org/10.37045/aslh-2020-0006>.
12. Nikinova N.N., Hurshkainen T.V., Shevchenko O.G., Kutchin A.V. *Holzforschung*, 2022, vol. 76, no. 3, pp. 276–284. <https://doi.org/10.1515/hf-2021-0122>.
13. Teng J., Zhang R., Zhang Y.-W., Duan H.-Q., Takaishi Y. *Natural Product Research*, 2010, vol. 24, pp. 1587–1591. <https://doi.org/10.1080/14786410802696684>.
14. Ferreira-Santos P., Zanuso E., Genisheva Z., Rocha C.M.R., Teixeira J.A. *Molecules*, 2020, vol. 25(12), 2931. <https://doi.org/10.3390/molecules25122931>.
15. Metsämuuronen S., Siren H. *Phytochem Reviews*, 2019, vol. 18, pp. 623–664. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09630-2>.
16. Ancuceanu R., Anghel A.I., Hovanet M.V., Ciobanu A.-M., Lascu B.E., Dinu M. *Antioxidants*, 2024, vol. 13(3), 286. <https://doi.org/10.3390/antiox13030286>.
17. Gavrillov A.B., Goryainov S.V., Marinichev A.A., Gessler N.N., Klyayn O.I., Isakova Ye.P., Deryabina Yu.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 51–58. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024260>.
18. Kolesnikov A.L. *Tekhnicheskiiy analiz produktov organicheskogo sinteza*. [Technical analysis of organic synthesis products]. Moscow, 1966, p. 22. (in Russ.).
19. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. *Methods in enzymology*, 1999, vol. 299, pp. 152–178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
20. Muzychkina R.A., Korul'kin D.Yu., Abilov Zh.A. *Kachestvennyy i kolichestvennyy analiz osnovnykh grupp BAV v lekarstvennom rastitel'nom syr'ye i fitopreparatakh*. [Qualitative and quantitative analysis of the main groups of biologically active substances in medicinal plant materials and phytopreparations]. Almaty, 2004, 288 p. (in Russ.).
21. Prieto P., Pineda M., Aguilar M. *Analytical Biochemistry*, 1999, vol. 269, no. 2, pp. 337–341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>.

* Corresponding author.

22. Kuchin A.V., Khurshkaynen T.V. *Khvoynaya kormovaya dobavka Verva dlya zhivotnykh i ptits*. [Coniferous feed additive Verva for animals and birds]. Syktyvkar, 2019, 160 p. <https://doi.org/10.19110/89606-003>. (in Russ.).
23. Kuchin A.V., Khurshkaynen T.V. *Verva – kompleksnyye biopreparaty dlya rasteniyevodstva*. [Verva – complex biological products for crop production]. Syktyvkar, 2020, 240 p. <https://doi.org/10.19110/89606-012>. (in Russ.).
24. Malykhin Ye.V., Vaganova T.A., Kukina T.P., Popov S.A., Chibirayayev A.M. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2007, vol. 15, no. 3, pp. 291–308. (in Russ.).
25. Ganenko T.V., Medvedeva S.A. *Rastitel'nyye resursy*, 2006, no. 1, pp. 91–96. (in Russ.).
26. Vasil'yev S.N., Roshchin V.I., Feleke S. *Rastitel'nyye resursy*, 1996, vol. 1, no. 1-2, pp. 151–180. (in Russ.).
27. Samusenko A.L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 3, pp. 107–112. (in Russ.).

Received April 22, 2025

Revised January 28, 2026

Accepted January 29, 2026

Сведения об авторах

Скрипова Наталья Николаевна – научный сотрудник,
skripovann@gmail.com

Хуршкainen Татьяна Владимировна – кандидат
химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
hurshkainen@mail.ru

Кучин Александр Васильевич – доктор химических наук,
академик РАН, профессор, заведующий отделом,
kutchin-av@chemi.komisc.ru

Information about authors

Skripova Natalia Nikolaevna – Researcher,
skripovann@gmail.com

Khurshkainen Tatyana Vladimirovna – Candidate of
Chemical Sciences, Associate Professor, Leading
Researcher, hurshkainen@mail.ru

Kuchin Alexander Vasilyevich – Doctor of Chemical
Sciences, Academician of the Russian Academy of
Sciences, Professor, Head of Department,
kutchin-av@chemi.komisc.ru