

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-719

УДК 663.88:615.32



Научная статья | Экология

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОЛЕЗНЫХ СВОЙСТВ НЕДРЕВЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСА

А.С. Олькова, Е.В. Товстик

*В статье представлено исследование предварительно разработанных фито-композиций для приготовления горячих напитков на основе березовой чаги (*Inonotus obliquus*) с добавлением различного растительного сырья (трав, ягод, лишайника).*

Применяли традиционный метод оценки полезных свойств подобных продуктов – определение уровня антиоксидантной активности, и не типичные методы, позволившие установить антибактериальную и антипротозойную активности готового продукта. Показано, что антиоксидантная активность в водных извлечениях из фитокомпозиций увеличивалась до 4,9 раз по сравнению с экстрактами из монокомпонентов, например, из чаги.

*Методы биотестирования, являющиеся новыми при подтверждении полезных свойств недревесной продукции леса и иного растительного сырья, также подтвердили эффект синергизма растительных компонентов при их совместном действии. Антипротозойная активность снизилась только в комбинации чаги, яблока и корицы по сравнению с показателями для отдельных ингредиентов. Антибактериальной активности не наблюдалось в 57% экстрактов из монокомпонентов, тогда как при их сочетании *E. coli* угнетались во всех вариантах.*

Ключевые слова: *Inonotus obliquus*; растительное сырье; антиоксидантная активность; антибактериальная активность; антипротозойная активность

Для цитирования. *Олькова А.С, Товстик Е.В. Альтернативные методы оценки полезных свойств недревесной продукции леса // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №1. С. 46-60. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-719*

Original article | Ecology

ALTERNATIVE METHODS FOR ASSESSING USEFUL PROPERTIES OF NON-WOOD FOREST PRODUCTS

A.S. Olkova, E.V. Tovstik

*The article presents a study of pre-developed phyto-compositions for the preparation of hot drinks based on birch chaga (*Inonotus obliquus*) with the addition of various plant materials (herbs, berries, lichen).*

We used the traditional method for evaluating the beneficial properties of such products – determining the level of antioxidant activity, and not typical methods that allowed us to establish the antibacterial and antiprotozoal activity of the finished product. It was shown that the antioxidant activity in aqueous extracts from phytocompositions increased compared to extracts from monocomponents (by a maximum of 4.8 times).

*Bioretesting methods confirmed the effect of synergism of plant components in their joint action. Antiprotozoal activity decreased only in the mixture of chaga, apples and cinnamon compared to the values for individual ingredients. Antibacterial activity was not observed in 57% of extracts from monocomponents, and when they were combined, we observed the inhibition of *E. coli* in all variants.*

Keywords: *Inonotus obliquus*; vegetable raw materials; antioxidant activity; antibacterial activity; antiprotozoal activity

For citation. *Olkova A.S., Tovstik E.V. Alternative Methods for Assessing Useful Properties of Non-Wood Forest Products. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 46-60. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-719*

Введение

Недревесная продукция леса и её рациональная добыча являются одним из факторов сохранения лесов для осуществления ими экологических и альтернативных экономических функций. Среди разнообразия такой продукции – березовый гриб чага (*Inonotus obliquus*), отличающийся многовековым использованием в народной медицине, доказанными лечебными свойствами, значительным оборотом сырья и производных на его основе, как на территории России, так и в других странах [8].

К наиболее ценным биологически активным веществам (БАВ), входящим в состав чаги, относят полифенолы [2]. Обладающие способностью активно поглощать свободные радикалы, они обеспечивают антиоксидантные свойства готовой продукции [11, 21]. Одним из новейших достижений в области исследования чаги, стало открытие новых, ранее не известных в составе *I. obliquus* представителей изокумаринов (неолигнан, циклический диарилгептаноид), обладающих нейропротекторными свойствами [9].

Наиболее распространённый функциональный пищевой продукт на основе *I. obliquus* – это чага-чай, часто обогащённый производителями растительными ингредиентами [7]. Последние выступают в роли натуральных вкусовых добавок, оттеняющих древесный вкус чаги; расширяют спектр БАВ, насыщающих чай. Для оценки полезных свойств чаги и композиций на её основе важны не только количественные (концентрация БАВ), но и качественные показатели, включающие оценку совокупного действия БАВ по биологическим тестам [13, 17–19]. Исследования в этой области во многом сходны с процедурой оценки свойств лекарственных препаратов [6]. Так, на выделенных клетках аденокарциномы толстой кишки человека (HT29-MTX) установлено антираковое действие бетулина и бетулиновой кислоты, входящих в состав *I. obliquus* [20].

К настоящему времени для спиртовых экстрактов из чаги, помимо мощного антиоксидантного действия, установлены антипролиферативные, противомикробные и другие свойства [14]. Менее изученными в этом отношении, остаются водные извлечения из чаги. Учитывая тот факт, что наиболее распространённым способом употребления чаги являются настои и отвары, актуальны исследования, показывающие комплекс полезных свойств таких продуктов [1]. Определение суммарной антиоксидантной активности является классическим методом демонстрации полезных свойств растительного сырья. Токсикологические методы *in vitro* (лабораторное биотестирование) редко встречаются в комплексной оценке свойств чайных продуктов. Однако, именно эти методы косвенно свидетельствуют о биологическом действии продукции в условиях прямого воздействия на живые организмы.

Целью работы стало сопоставление результатов оценки полезных свойств водных извлечений из чаги и композиций на её основе классическим методом (антиоксидантная активность) и альтернативными методами (биотестирование).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили композиции на основе березового гриба чаги (*I. obliquus*), заготовленного в условиях подзоны средней тайги (Кировская область, Россия). Для анализа чагу сушили до воздушно-сухого состояния, измельчали в лабораторной мельнице. В работе использовали фракцию порошка чаги размером 0,1–2,5 мм. На основе чаги составляли композиции путём объединения её с различным растительным сырьём (добавка 1 и 2). Всего было составлено 10 композиций (табл.).

Таблица.

Состав композиций на основе чаги (*I. obliquus*)

Вариант	Растительное сырьё	
	Добавка 1	Добавка 2
1	Плоды рябины обыкновенной (<i>Sorbus aucuparia</i>)	Листья иван-чая (<i>Chamaenerion</i>)
2	Имбирь (<i>Zingiber officinale</i>)	Листья иван-чая (<i>Chamaenerion</i>)
3	Лемонграсс (<i>Cymbopogon nardus</i>)	Мелисса лекарственная (<i>Melissa officinalis</i>)
4	Душица (<i>Origanum</i>)	Лист чёрной смородины (<i>Ribes nigrum</i>)
5	Трава чабреца (<i>Thymus</i>)	Цветы липы (<i>Tiliae flores</i>)
6	Плоды можжевельника (<i>Juniperus</i>)	Мята перечная (<i>Mentha piperita</i>)
7	Лимон (<i>Citrus limon</i>)	Лист облепихи (<i>Hippophaë</i>)
8	Плоды шиповника (<i>Fructus Rosae</i>)	Ягель (<i>Cladonia rangiferina</i>)
9	Яблоко (<i>Pyrus malus</i>)	Корица (<i>Cinnamomum verum</i>)
10	Каркаде (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	Мелисса лекарственная (<i>Melissa officinalis</i>)

Массовое соотношение чаги и добавок в композициях составляло 7:3 соответственно. Добавки в состав смеси вводили в равном количестве.

Для проведения исследований готовили водные извлечения из растительного сырья. Соотношение сырья к воде составляло 1:20 по массе. Способ приготовления извлечений соответствовал режиму настоя: температура воды 100°C, время настаивания 20 минут. В работе использовали артезианскую воду питьевого качества торговой марки «Ключ здоровья». Полученные извлечения фильтровали через бумажный фильтр «белая лента» в стеклянные ёмкости. Для анализа использовали свежеприготовленные извлечения.

Суммарную антиоксидантную активность (АОА) определяли методом титриметрии. Стандартизацию раствора перманганата калия осуществляли по кварцетину [3].

Биотест по угнетению хемотаксиса инфузорий *Paramecium caudatum* выполняли на приборе «Биотестер» (Россия) [5]. Результаты анализа интерпретировали с точки зрения антипротозойной активности получаемого напитка. Биотест по угнетению биолюминесценции бактериального препарата «Эколюм» на основе *Escherichia coli* выполняли на приборе «Биотокс-10М» (Россия) [4]. Результаты данного анализа свидетельствовали об антибактериальной активности водных извлечений.

Статистическую значимость различий между средними значениями устанавливали при $p < 0,05$. Данные выражали как среднее значение \pm стандартное отклонение.

Результаты исследования

Антиоксидантная активность. Результаты анализа показали, что АОА водных извлечений из базового ингредиента – чаги – была равна $0,129 \pm 0,013$ мг/см³. Аналогичный показатель для растительных добавок варьировал в пределах двух порядков. Наиболее высокое содержание антиоксидантов обнаружено в водных извлечениях из душицы ($0,29$ мг/см³), минимальное – из плодов рябины обыкновенной ($0,023$ мг/см³). На рисунке 1 отражена АОА водных извлечений из чаги, каждого из дополнительных ингредиентов, приготовленных и испытанных отдельно, а также итоговой композиции.

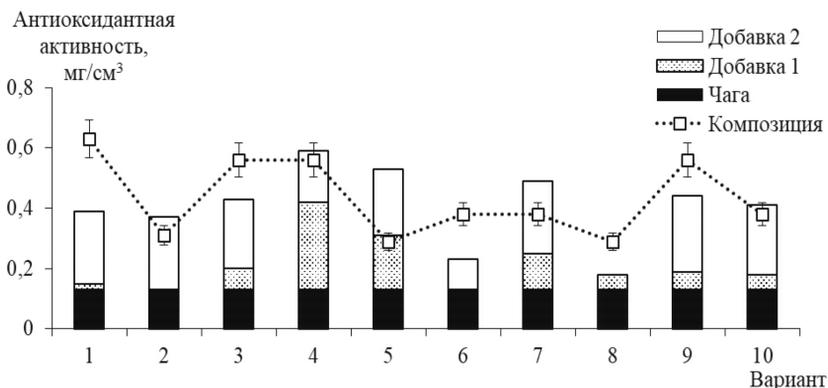


Рис. 1. Антиоксидантная активность растительного сырья и его комбинаций с чагой

Полученные результаты показывают, что комбинация некоторых видов растительного сырья с чагой приводит к увеличению АОА водных извле-

чений, по сравнению с отдельными извлечениями из них. Такое усиление полезных свойств максимально проявилось при комбинации чаги с плодами рябины и листьями иван-чая (композиция 1), а также чаги с яблоком и корицей (композиция 9). Для композиции № 1 АОА водного извлечения из готовой комбинации сырья была больше показателей для ингредиентов в 4,8; 32; 2,6 раза по сравнению с чагой, рябиной и иван-чаем соответственно. Для композиции № 9 такие соотношения были равны 4,3; 9,3; 2,2 раза по сравнению с чагой, яблоком и корицей.

Повышение антиоксидантной активности водных извлечений из смеси растительного сырья может быть связано с увеличением экстрагируемости веществ восстанавливающего характера в присутствии добавок. В целом усиление полезных свойств растительными компонентами при их сочетании (синергизм) – положительное явление, к которому необходимо стремиться при разработке фито-чаёв. Также данный эффект позволяет снизить риск побочного действия отдельных ингредиентов за счёт их более низких доз в смеси [12].

Антипротозойная активность. Показатель был определен посредством прямого контакта водных извлечений из растительного сырья и его комбинаций с чагой с водной культурой инфузорий *P. caudatum* (рис. 2).

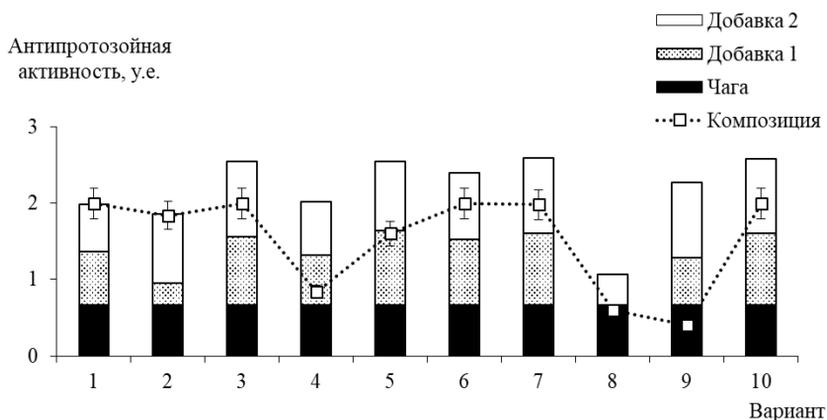


Рис. 2. Антипротозойная активность растительного сырья и его комбинаций с чагой

Все водные извлечения из чаги и растительного сырья, приготовленные вне смеси, угнетали простейших, кроме настоя из плодов шиповника, который оказывал незначительный стимулирующий эффект ($p > 0,05$ по

сравнению с методическим контролем). Синергизм при комбинации растительного сырья по показателю антипротозойной активности был отмечен для всех композиций, кроме варианта № 4 и № 8, где уровень угнетения инфузорий в водных извлечениях из чаги и используемых добавок не отличался от аналогичного показателя для смеси ингредиентов ($p > 0,05$). В варианте № 9 вклад всех растительных компонентов в обсуждаемую биологическую активность был одинаков, однако показатель для композиции оказался снижен ($p > 0,05$ относительно отдельных ингредиентов), что говорит об антагонизме действия компонентов в таком сочетании (чага, яблоко, корица).

Выявление благоприятного биологического действия растительного сырья и его комбинаций с чагой – антипротозойной активности, эффектов синергизма и антагонизма исходных компонентов свидетельствует об информативности данного метода биотестирования и целесообразности его использования при оценке качества и свойств чайной и растительной продукции.

Антибактериальная активность. Среди методов биотестирования, аттестованных в России, известен бактериальный тест по угнетению биолюминесценции кишечной палочки *E. coli*. В пищевой промышленности его можно использовать для определения антибактериальной активности растительного сырья. На рисунке 3 показаны результаты тестирования растительного сырья для фито-чая, в том числе при комбинации с чагой.

Антибактериальная активность, у.е.

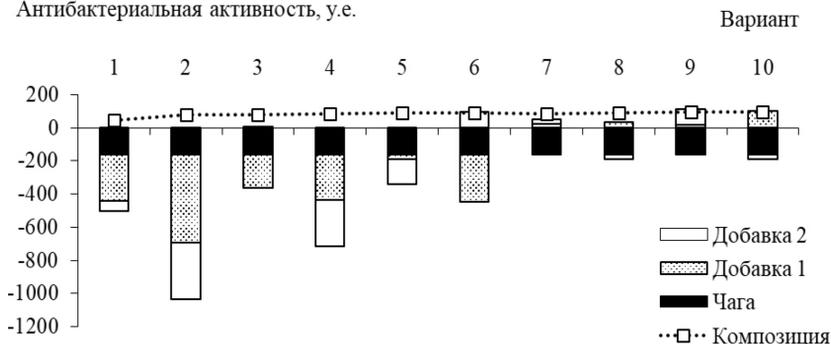


Рис. 3. Антибактериальная активность растительного сырья и его комбинаций с чагой

Главной отличительной особенностью результатов бактериального биотеста стала стимуляция биолюминесценции *E. coli* в водных извлече-

ниях из 57% проб, в том числе из чаги. Тем не менее, многое растительное сырье обладало выраженной антибактериальной активностью: каркаде > корица > лимон > ягоды можжевельника > липовые цветы > чабрец > лист облепихи > лист смородины. Так, в извлечениях из цветов каркаде индекс антибактериальной активности был 99,53, то есть приближался к максимуму – 1. Большинство результатов анализа экстрактов из фито-комплексов показали эффект, противоположный действию отдельных ингредиентов. Водные извлечения из всех композиций обладали антибактериальной активностью, причем в 9 из 10 вариантов угнетение *E. coli* превышало 80%.

Обсуждение результатов

Классический метод оценки пользы и биологической активности растительного сырья – определение АОА – показал, что водные извлечения из чаги и иного растительного сырья были на высоком уровне. Так по сравнению с востребованными в мировой пищевой промышленности источниками антиоксидантов, недревесная продукция леса средней полосы России не уступает по данному показателю: от 0,05 до 0,29 мг/см³ против 0,12 мг/см³ для лимона. Более того, показан эффект усиления АОА водных извлечений из композиции чаги и различного растительного сырья.

Известно, что комбинация некоторых видов растительного сырья в чаях повышает вероятность взаимодействия между веществами, входящими в их состав, что может проявляться в проявлении свойств как положительно (синергия), так и отрицательно (антагонизм) [16]. Подобный синергизм в литературе отмечен между отдельными полифенолами или отдельными представителями этой группы соединений [10]. Например, антиоксидантная активность листьев *Potentilla fruticosa*, содержащих в основном гидролизуемые дубильные вещества, была синергетически увеличена флавоноидной фракцией листьев *Ginkgo biloba* [15].

Альтернативные методы оценки полезных свойств недревесной продукции леса дали дополнительные сведения о разработанных композициях и их составляющих. Так, активация цист простейших в кишечнике человека и их размножение – паталогическое состояние, поэтому поиск методов, дающих представление об антипротозойной активности, – актуальная задача промышленности пищевых продуктов. В представленной работе показано, что всё выбранное растительное сырье, кроме шиповника, угнетало простейших (по биотесту на *P. caudatum*). Большая часть водных извлечений из фито-композиций (70%) обладала большей антипротозойной активностью по сравнению с составляющими ингредиентами.

Напротив, антибактериальной активности во многих извлечениях из сырья, испытанного в отдельности, не наблюдалось. Факт согласуется с литературными данными: метаболиты чаги были нетоксичны в отношении распространенных кишечных бактерий *E. coli* и *B. subtilis* [13]. Однако, как в других экспериментах, сочетание растительного сырья позволило получить антибактериальный эффект в отношении *E. coli*.

Заключение

Полученные результаты демонстрируют методологическое новшество в исследовании качества и полезных свойств недревесной продукции леса, применяемой для пищевых и лечебных целей. Комплексный анализ уровня антиоксидантной активности, антипротозойной и антибактериальной активности оказался эффективным подходом определения пищевой функциональности растительного сырья.

Биотестирование, как альтернативный подход оценки полезных свойств недревесной лесной продукции, показал высокую информативность в демонстрации таких важных свойств фито-продукции как антипротозойная и антибактериальная активность. Наряду с оценкой комплексной антиоксидантной активности, показывающей уровень интегральной пользы фито-продукции для здоровья человека, методы биотестирования можно рекомендовать для пищевой промышленности в целях определения уникальных свойств чайных композиций. Внедрение подобных альтернативных методов и обнародование результатов, полученных с их помощью, будет способствовать привлечению внимания потребителей к отечественным продуктам, отличающимся набором полезных свойств.

Список литературы

1. Вялых Е. В., Челнакова Н. Г., Позняковский В. М. Характеристика гриба чага и его использование в производстве экстрактов для лечебного и профилактического питания // АПК России. 2017. Т. 24. № 3. С. 699-705.
2. Змитрович И.В., Денисова Н.П., Баландайкин М.Э., Белова Н.В., Бондарцева М.А., Переведенцева Л.Г., Перелыгин В.В., Яковлев Г.П. Чага и ее биоактивные комплексы: история и перспективы // Формулы фармации. 2020. Т. 2. № 2. С. 84-93. <https://doi.org/10.17816/phf34803>
3. Максимова Т.В., Никулина И.Н., Пахомов В.П., Шкарина Е.И., Чумакова З.В., Арзамасцев А.П. Способ определения антиокислительной активности // Патент RU 2170930 С1. Заявка: 2000111126/14, 05.05.2000. Дата публикации: 20.07.2001.

4. ПНДФ Т 14.1.2:3:4.11-04. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». М.: Нера-С, 2010. 30 с.
5. ФР 1.39.2015.19241. Методика определения токсичности проб почв и донных отложений экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер». С.-Пб.: СЕКТР-М, 2015. 21 с.
6. Казачинская Е.И., Чепурнов А.А., Кононова Ю.В., Шелемба А.А., Романюк В.В., Магомедов М.Г., Шестопалов А.М. Ингибирующая активность чайных композиций и их составляющих ингредиентов на репликацию SARS-COV-2 *in vitro* // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17, № 2. С. 76-90. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-76-90>
7. Кузнецова О.Ю. Обзор современных препаратов с биологически активными композициями березового гриба чага // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 1. С. 128-141.
8. Усольцева О.Н., Оленников Д.Н., Потупчик Т.В. Оценка качества и биологической активности экстракта березового гриба чага «БиоЧага» // Фармация. 2022. Т. 71. № 2. С. 33–40. <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-02-06>
9. Chang Y., Bai M., Xue X., Zou C., Huang X., Song S. Isolation of chemical compositions as dietary antioxidant supplements and neuroprotectants from Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) // Food Bioscience, 2022, vol. 47, art. 101623. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101623>
10. Kicel A., Owczarek A., Kapusta, P., Kolodziejczyk-Czepas J., Olszewska M.A. Contribution of Individual Polyphenols to Antioxidant Activity of *Cotoneaster bullatus* and *Cotoneaster zabelii* Leaves – Structural Relationships, Synergy Effects and Application for Quality Control // Antioxidants, 2020, vol. 1, iss. 9, art. 69. <https://doi.org/10.3390/antiox9010069>
11. Doi N., Araki K., Fukuta Y., Kuwagaito Y., Yamauchi Y., Sasai Y., Kondo S., Kuzuya M. Anti-glycation and antioxidant effects of Chaga mushroom decoction extracted with a fermentation medium // Food Science and Technology Research, 2023, vol. 29, iss. 2, pp. 155-161. <https://doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00120>
12. Jain D.P, Pancholi S.S., Patel R. Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs // Journal Of Pharmaceutical Advanced Research, 2011, vol. 3, iss. 2, pp. 177-183. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.85538>
13. Lemmer B. *Chronopharmacology in Drug Development*. In: *Drug Discovery and Evaluation: Methods in Clinical Pharmacology* / F.J. Hock, M.R. Gralinski (eds.). Springer International Publishing, 2018. pp. 1-20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56637-5_40-1

14. Liu K., Xiao X., Wang J., Chen C.Y. O., Hu H. Polyphenolic composition and antioxidant, antiproliferative, and antimicrobial activities of mushroom *Inonotus sanghuang* // LWT – Food Science and Technology, 2017, vol. 82, pp. 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.041>
15. Liu Z.H., Wang D.M., Fan S.F., Li D.W., Luo Z.W. Synergistic effects and related bioactive mechanism of *Potentilla fruticosa* L. leaves combined with *Ginkgo biloba* extracts studied with microbial test system (MTS) // BMC Complementary and Alternative Medicine, 2016, vol. 16, art. 49516. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1485-2>
16. Mao S., Wang K., Lei Y., Yao S., Lu B., Huang W. Antioxidant synergistic effects of *Osmanthus fragrans* flowers with green tea and their major contributed antioxidant compounds // Scientific Reports, 2017, vol. 7, art. 46501. <https://doi.org/10.1038/srep46501>
17. Muyumba N.W., Mutombo S.C., Sheridan H., Nachtergaeel A., Duez P. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications // Talanta Open, 2021, vol. 4, art. 100070. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100070>
18. Sergunova E.V., Sorokina A.A., Bokov D.O., Marakhova A.I. Qualitative and Quantitative Determination of Organic Acids in Crude Herbal Drugs and Medicinal Herbal Preparations for Quality Control in Russian Federation by Modern Physicochemical Methods // Pharmacognosy Journal, 2019, vol. 5, iss. 11, pp. 1132-1137. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.176>
19. Shikov A.N., Narkevich I.A., Flisyuk E.V., Luzhanin V.G., Pozharitskaya O.N. Medicinal plants from the 14th edition of the Russian Pharmacopoeia, recent updates // Journal of Ethnopharmacology, 2021, vol. 268, art. 113685. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113685>
20. Wold Ch.W., Gerwick W.H., Wangenstein H., Inngjerdingen K.T. Bioactive triterpenoids and water-soluble melanin from *Inonotus obliquus* (Chaga) with immunomodulatory activity // Journal of Functional Foods, 2020, vol. 71, art. 104025. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104025>
21. Zhou R., Yang H., Lu T., Zhao Y., Zheng W. Ultraviolet radiation promotes the production of hispidin polyphenols by medicinal mushroom *Inonotus obliquus* // Fungal Biology, 2022, vol. 126, iss. 11–12, pp. 775-785. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.10.001>

References

1. Vyalyh E.V., Chelnakova N.G., Poznyakovskij V.M. Characteristics of the chaga mushroom and its use in the production of extracts for therapeutic and preventive nutrition. *APK Rossii*, 2017, vol. 24, no. 3, pp. 699-705.

2. Zmitrovich I.V., Denisova N.P., Balandajkin M.E., Belova N.V., Bondarceva M.A., Perevedenceva L.G., Perelygin V.V., YAKovlev G.P. Chaga and its bio-active complexes: history and prospects. *Formuly farmacii*, 2020, vol. 2, no. 2, pp. 84-93. <https://doi.org/10.17816/phf34803>
3. Maksimova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamashev A.P. *Method for determining antioxidant activity* / Patent RU 2170930 C1. Application: 2000111126/14, 05.05.2000. Publication date: 20.07.2001.
4. Environmental Regulatory Document PND F T 14.1:2:3:4.11-04. T.16.1:2:3:3.8-04. *Method for determining the integrated toxicity of surface waters, including marine, ground, drinking, waste waters, water extracts from soils, waste, sewage sludge by changes in bacterial bioluminescence using the Ecolum test-system*. Moscow: Nera-S, 2010, 30 p.
5. Federal Register FR 1.39.2015.19242. Environmental Regulatory Document PND F T 16.2:2.2-98. *Methodology for determining the toxicity of samples of natural, drinking, domestic and drinking, household waste, treated sewage, waste, thawed, technological water by the express method using the Biotester device*. Saint Petersburg: SPEKTR-M, 2015, 21 p.
6. Kazachinskaia E.I., Chepurnov A.A., Kononova Yu.V., Shelemba A.A., Romanuk V.V., Magomedov M.G., Shestopalov A.M. Inhibitory activity of tea compositions and their constituent ingredients on SARS-COV-2 replication *in vitro*. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2022, vol. 17, no. 2, pp. 76-90. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-76-90>
7. Kuznetsova O.Yu. Review of modern advanced medicinal products containing the biologically active components of chaga mushroom birch. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug development & registration], 2016, vol. 1, pp. 128-141.
8. Usol'ceva O.N., Olennikov D.N., Potupchik T.V. Assessment of the quality and biological activity of birch mushroom extract chaga "Biochaga". *Farmatsiya* [Pharmacia], 2022, vol. 71, no. 2, pp. 33-40. <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-02-06>
9. Chang Y., Bai M., Xue X., Zou C., Huang X., Song S. Isolation of chemical compositions as dietary antioxidant supplements and neuroprotectants from Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*). *Food Bioscience*, 2022, vol. 47, art. 101623. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101623>
10. Kicel A., Owczarek A., Kapusta, P., Kolodziejczyk-Czepas J., Olszewska M.A. Contribution of Individual Polyphenols to Antioxidant Activity of *Cotoneaster bullatus* and *Cotoneaster zabelii* Leaves – Structural Relationships, Synergy

- Effects and Application for Quality Control. *Antioxidants*, 2020, vol. 1, iss. 9, art. 69. <https://doi.org/10.3390/antiox9010069>
11. Doi N., Araki K., Fukuta Y., Kuwagaito Y., Yamauchi Y., Sasai Y., Kondo S., Kuzuya M. Anti-glycation and antioxidant effects of Chaga mushroom decoction extracted with a fermentation medium. *Food Science and Technology Research*, 2023, vol. 29, iss. 2, pp. 155-161. <https://doi.org/10.3136/fstr.FSTR-D-22-00120>
 12. Jain D.P, Pancholi S.S., Patel R. Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs. *Journal of Pharmaceutical Advanced Research*, 2011, vol. 3, iss. 2, pp. 177-183. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.85538>
 13. Lemmer B. *Chronopharmacology in Drug Development*. In: *Drug Discovery and Evaluation: Methods in Clinical Pharmacology* / F.J. Hock, M.R. Gralinski (eds.). Springer International Publishing, 2018. pp. 1-20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56637-5_40-1
 14. Liu K., Xiao X., Wang J., Chen C.Y. O., Hu H. Polyphenolic composition and antioxidant, antiproliferative, and antimicrobial activities of mushroom *Inonotus sanghuang*. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, vol. 82, pp. 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.041>
 15. Liu Z.H., Wang D.M., Fan S.F., Li D.W., Luo Z.W. Synergistic effects and related bioactive mechanism of *Potentilla fruticosa* L. leaves combined with *Ginkgo biloba* extracts studied with microbial test system (MTS). *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2016, vol. 16, art. 49516. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1485-2>
 16. Mao S., Wang K., Lei Y., Yao S., Lu B., Huang W. Antioxidant synergistic effects of *Osmanthus fragrans* flowers with green tea and their major contributed antioxidant compounds. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, art. 46501. <https://doi.org/10.1038/srep46501>
 17. Muyumba N.W., Mutombo S.C., Sheridan H., Nachtergaeel A., Duez P. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications. *Talanta Open*, 2021, vol. 4, art. 100070. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100070>
 18. Sergunova E.V., Sorokina A.A., Bokov D.O., Marakhova A.I. Qualitative and Quantitative Determination of Organic Acids in Crude Herbal Drugs and Medicinal Herbal Preparations for Quality Control in Russian Federation by Modern Physicochemical Methods. *Pharmacognosy Journal*, 2019, vol. 5, iss. 11, pp. 1132-1137. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.176>
 19. Shikov A.N., Narkevich I.A., Flisyuk E.V., Luzhanin V.G., Pozharitskaya O.N. Medicinal plants from the 14th edition of the Russian Pharmacopoeia, recent

- updates. *Journal of Ethnopharmacology*, 2021, vol. 268, art. 113685. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113685>
20. Wold Ch.W., Gerwick W.H., Wangenstein H., Inngjerdingen K.T. Bioactive triterpenoids and water-soluble melanin from *Inonotus obliquus* (Chaga) with immunomodulatory activity. *Journal of Functional Foods*, 2020, vol. 71, art. 104025. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104025>
21. Zhou R., Yang H., Lu T., Zhao Y., Zheng W. Ultraviolet radiation promotes the production of hispidin polyphenols by medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. *Fungal Biology*, 2022, vol. 126, iss. 11–12, pp. 775-785. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.10.001>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Олькова Анна Сергеевна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры экологии и природопользования, старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»
ул. Московская, 36, г. Киров, 610000, Российская Федерация
usr08617@vyatsu.ru

Товстик Евгения Владимировна, канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы», доцент кафедры Фундаментальной химии и методики обучения химии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»
ул. Московская, 36, г. Киров, 610000, Российская Федерация
tovstik2006@inbox.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Anna S. Olkova, Doctor of Biological Sciences, Docent, Professor of the Department of Ecology and Environmental Management, Senior Research Fellow, Competence Center “Environmental Technologies and Systems”
Vyatka State University
36, Moskovskaya Str., 610000, Kirov, Russian Federation
usr08617@vyatsu.ru

SPIN-code: 4874-9240

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5798-8211>

ResearcherID: A-4963-2017

Scopus Author ID: 57195523346

Evgeniya V. Tovstik, Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher, Competence Center “Ecological Technologies and Systems”, Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Methods of Teaching Chemistry

Vyatka State University

36, Moskovskaya Str., 610000, Kirov, Russian Federation

tovstik2006@inbox.ru

SPIN-code: 8792-9281

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1861-6076>

ResearcherID: ID P-1350-2017

Scopus Author ID: 57004932100

Поступила 27.06.2023

После рецензирования 10.07.2023

Принята 20.07.2023

Received 27.06.2023

Revised 10.07.2023

Accepted 20.07.2023