

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ФОМИТОИДНЫХ ТРУТОВИКОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

© Горбачевич Г.И.

Белорусский государственный медицинский университет (БГМУ)

Республика Беларусь, 220045, г. Минск, пр. Дзержинского, д. 83

Цель – изучить антиоксидантную активность экстрактов плодовых тел фомитоидных трутовиков, произрастающих на территории Республики Беларусь.

Материалы и методы. Плодовые тела текущего года *Piptoporus betulinus*, *Inonotus obliquus* и *Fomes fomentarius* были собраны с березы повислой, *Ganoderma applanatum* – с дуба, *Phellinus igniarius*, *Laetiporus sulphureus* и *Fomitopsis pinicola* – с сосны, а плодовые тела трутовика лакированного *Ganoderma lingzhi* были выращены на субстрате на основе дубовых опилок. Суммарные водно-спиртовые экстракты получали методом ремацерации. Для получения фракционированных экстрактов измельченное сырье последовательно экстрагировали в аппарате Сокслета, используя петролейный эфир (40–70), хлороформ, этилацетат и 96% этанол (ректификат). Антиоксидантную активность экстрактов оценивали путем определения суммы фенольных соединений, радикал-нигилирующей активности в отношении DPPH[•], ABTS⁺, NO[•], а также хелатирующей активности в отношении Cu²⁺ и Fe²⁺.

Результаты. Установлено, что в ряду экстрактов плодовых тел фомитоидных трутовиков и их фракций уровень радикал-ингибирующей и хелатирующей активности коррелирует с содержанием суммы фенольных соединений. При этом среди грибов наибольшей антиоксидантной активностью характеризуются экстракты *F. fomentarius* и *Ph. igniarius*, превосходящие эффект экстракта чаги, а среди фракций наиболее эффективны этилацетатные.

Заключение. Полученные результаты открывают новые доступные природные сырьевые ресурсы для получения высокоэффективных антиоксидантов грибного происхождения, а экстракты *F. fomentarius* и *Ph. igniarius* представляют особый интерес для дальнейшей фармацевтической разработки.

Ключевые слова: фомитоидные трутовики; антиоксидантная активность; хелатирующая активность.

Горбачевич Глеб Иванович – канд. хим. наук, доцент кафедры фармацевтической химии с курсом повышения квалификации и переподготовки БГМУ, г. Минск. ORCID ID: 0009-0002-0226-8636. E-mail: hleb.harbatsevich@gmail.com

Свободные радикалы, включающие активные формы кислорода (супероксид анион-радикал O₂^{•-}, пероксид водорода H₂O₂, пероксильный радикал ROO[•], гидроксильный радикал OH[•]) и активные формы азота (оксид азота NO, пероксинитрит-анион ONOO⁻), образуются в организме в процессе метаболизма или под влиянием внешних факторов. Избыточное накопление свободных радикалов приводит к повреждению мембранных липидов, белков, нуклеиновых кислот и других биомолекул, и, как следствие, к развитию многих патологий, включая болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, сердечно-сосудистые заболевания, язвенный колит, рак и воспалительные процессы. Кроме того, свободные радикалы ускоряют процессы старения организма [1].

Для защиты от негативного воздействия свободных радикалов живые организмы располагают эндогенными антиоксидантными системами, включающими ферментативные (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза) и неферментативные антиоксиданты (металлотионеины, тиоредоксины, глутатион, аскорбиновая кислота и др.). Эти системы обеспечивают нейтрализацию радикалов, снижение активности окислителей, хелатирование прооксидантных металлов и связывание синглетного кисло-

рода [2]. Однако в условиях оксидативного стресса эндогенная защита оказывается недостаточной, что делает актуальным изучение экзогенных антиоксидантов.

Несмотря на высокую эффективность применение синтетических антиоксидантов (например, бутилгидроксанизола, бутилгидрокситолуола, пропилгаллата, *трет*-бутилгидрохинона) сопряжено с риском для здоровья человека (канцерогенез, аллергические реакции, гепато- и нефротоксичность) [3], в связи с чем на протяжении последних десятилетий основное внимание уделяется исследованию природных антиоксидантных веществ, прежде всего, растительного происхождения (флавоноиды, дубильные вещества, каротиноиды, токоферолы, гидроксипроизводные *транс*-стильбена и др.). Эти соединения хорошо изучены и находят широкое применение в медицине, косметологии и пищевой промышленности [4]. В то же время грибы остаются менее исследованным источником антиоксидантов, несмотря на их богатый химический состав. Полисахариды, терпеноиды, фенольные кислоты и меланины грибного происхождения обладают уникальными свойствами и представляют собой перспективный объект для разработки новых эффективных антиоксидантов [5, 6].

Особый интерес для исследования представляют фомитоидные трутовики, которые широко распространены в средней полосе Европы и практически не применяются в народном хозяйстве [7]. Эти грибы известны высоким содержанием биологически активных соединений, однако их терапевтическая ценность недостаточно изучена: на фармацевтическом рынке Беларуси и России среди лекарственных препаратов грибно-го происхождения зарегистрированы лишь средства на основе чаги [8, 9].

Настоящее исследование направлено на изучение антиоксидантной активности экстрактов фомитоидных трутовиков, что имеет важное значение для расширения сырьевой базы природных антиоксидантов и поиска новых эффективных средств для профилактики и лечения заболеваний, связанных с оксидативным стрессом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Заготовка сырья. Плодовые тела текущего года трутовика березового (*Piptoporus betulinus* – PB), скошенного (*I. obliquus* – IO) и настоящего (*Fomes fomentarius* – FP) были собраны с берёзы повислой, трутовика плоского (*Ganoderma applanatum* – GA) – с дуба, трутовика ложного (*Phellinus igniarius* – PI), серно-желтого (*Laetiporus sulphureus* – LS) и окаймленного (*Fomitopsis pinicola* – FP) – с сосны, а плодовые тела трутовика лакированного (*Ganoderma lingzhi*) были выращены на субстрате на основе дубовых опилок. Сбор сырья осуществлялся в июле-ноябре 2022 г. в Минской и Гродненской областях Республики Беларусь. Сырье сушили воздушно-теневым методом при температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$, предварительно разделив их на куски 2-3 см.

Получение экстрактов. Суммарные водно-спиртовые экстракты получали методом ремачерации, используя 70% (об.) этанол и сырье после дробления на молотковой дробилке МОЛОТ 200 с ситом диаметром отверстий 2 мм. Экстракцию проводили в течение двух недель, обновляя экстрагент каждые 72 часа.

Для получения фракционированных экстрактов 50 г измельченного сырья последовательно экстрагировали в аппарате Сокслета, используя петролейный эфир (40–70, х.ч., ЭКОС-1), хлороформ (х.ч., ЭКОС-1), этилацетат (х.ч., ЭКОС-1) и 96% этанол (ректификат). Каждая экстракция длилась 48 часов. Полученный экстракт упаривали в вакууме (100 мбар, 40–50°C) на ротаторном испарителе и высушивали в вакуумном эксикаторе до содержания влаги не более 5%. Готовый продукт хранили в герметично закрытой таре в холодильнике при температуре не выше 4°C.

Антиоксидантная активность экстрактов оценивалась по следующим алгоритмам: определение суммы фенольных соединений; установление радикал-ингибирующей активности в отношении DPPH[•], ABTS^{•+}, NO[•]; оценка хелатирующей активности в отношении Cu²⁺ и Fe²⁺.

Для определения суммы фенольных соединений в экстрактах использовали спектрофотометрический метод [10], основанный на восстановлении фосфорномолибденово-вольфрамового реактива (реактива Фолина-Чокальтеу) в щелочной среде с образованием окрашенных продуктов. В пробирку помещали 20 мкл раствора экстракта в ДМСО (1:1000), добавляли 100 мкл реактива Фолина-Чокальтеу, 400 мкл 10% раствора натрия карбоната и 1500 мкл воды очищенной. Смесь выдерживали в темном месте в течение 60 мин., затем измеряли оптическую плотность растворов при 725 нм. Калибровку проводили с использованием стандартных растворов галловой кислоты (20–1000 мкг/мл). Содержание суммы фенольных соединений выражали в микрограммах на 1 грамм сухого экстракта в пересчете на галловую кислоту.

Ингибирующую активность в отношении DPPH[•] (дифенилпикрилгидразил) радикала определяли по спектрофотометрической методике. К 2000 мкл раствора DPPH[•] в этаноле (5×10^{-4} моль/л) добавляли 20 мкл растворов различной концентрации исследуемых экстрактов. Спустя 60 минут измеряли оптическую плотность при 517 нм [11].

Ингибирующую активность в отношении ABTS (2,2'-Азино-бис (3-этилбензтиазолин-6-сульфоновой кислоты) катион-радикала также определяли по фотометрической методике. Катион-радикальную форму (ABTS^{•+}) получали путем смешения 7 мМ раствора ABTS с 2,45 мМ раствором аммония персульфата. Смесь выдерживали в темноте при температуре 25°C в течение 12–16 ч. Рабочий раствор получали разведением концентрата до оптической плотности $0,70 \pm 0,02$ при длине волны 734 нм.

К 2000 мкл рабочего раствора ABTS^{•+} добавляли 20 мкл растворов различной концентрации исследуемых экстрактов. Спустя 60 минут измеряли оптическую плотность при 734 нм [12].

Ингибирующую активность экстрактов в отношении оксида азота (II) вычисляли путем спектрофотометрического определения концентрации NO[•], сгенерированного в растворе натрия нитропруссиды. К 50 мкл растворов исследуемых экстрактов различной концентрации добавляли 1000 мкл свежеприготовленного 0,01 моль/л раствора натрия нитропруссиды в фосфатно-солевом буфере pH 7,4. Систему выдерживали в течение 120 минут при температуре 25°C, а затем прибавляли 500 мкл реактива

Грисса и 1000 мкл воды. Спустя 10 минут измеряли оптическую плотность при 540 нм. Параллельно готовили растворы сравнения по аналогичной схеме, добавляя 1000 мкл фосфатно-солевого буфера pH 7,4 вместо раствора натрия нитропруссиды. Контрольный опыт проводили без добавления раствора экстракта [13].

Степень ингибирования радикалов экстрактами определяли по формуле:

$$I = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\%,$$

где I – степень ингибирования, %;

A_0 – оптическая плотность контрольного опыта (без добавления экстракта);

A_1 – оптическая плотность основного опыта (с добавлением экстракта);

A_2 – оптическая плотность раствора сравнения.

Ингибирующий эффект экстрактов выражали в величинах концентрации полумаксимального ингибирования (IC_{50} , мкг/мл), найденной путем интерполяции.

Хелатирующую активность в отношении Fe(II) (ХА Fe(II)) экстрактов определяли методом, основанном на способности биологически активных веществ экстрактов связывать ионы Fe(II) в стабильные комплексы, при этом не связанная с ними часть ионов образует окрашенный комплекс с 1,10-фенантролином, который определяется фотометрически. К 50 мкл исследуемых экстрактов (разведение 1:100) добавляли 1000 мкл $3 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора железа (II) сульфата, а спустя 5 минут – 1500 мкл $8 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора 1,10-фенантролина. Оптическую плотность раствора определяли при 562 нм. Параллельно готовили растворы сравнения, в которые вместо раствора 1,10-фенантролина добавляли воду очищенную. Калибровочный график строили с использованием стандартных растворов ЭДТА (1-10 ммоль/л). Fe(II)-хелатирующую активность экстрактов выражали в пересчете на ЭДТА (миллиграммов на грамм экстракта) [14].

В основе метода определения хелатирующей активности в отношении Cu(II) (ХА Cu(II)) лежит способность компонентов экстрактов вступать в комплексообразование с ионами Cu(II). Концентрацию свободных ионов определяли с помощью металлохромного индикатора пирокатехинового фиолетового, образующего интенсивно окрашенный комплекс с ионами Cu(II). К 50 мкл исследуемых экстрактов (разведение 1:100) добавляли 2000 мкл 0,1 моль/л ацетатного буфера pH 6,5 и 50 мкл 0,1% раствора меди (II) сульфата. Спустя 10 минут добавляли 100 мкл $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л спиртового раствора пирокатехинового фиолетового. Оптическую плотность раствора определяли при 632 нм. Параллельно гото-

вили растворы сравнения, в которые вместо раствора пирокатехинового фиолетового добавляли этанол. Калибровочный график строили с использованием стандартных растворов ЭДТА (1-10 ммоль/л). Cu(II)-хелатирующую активность экстрактов определяли в эквивалентах ЭДТА (мг/г) [15].

В качестве образца сравнения в работе использовали водно-спиртовой (70%) экстракт чаги.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что содержание суммы фенольных соединений в суммарных экстрактах трутовых грибов находится в диапазоне от 13,5 до 127,0 мг/г (в пересчете на галловую кислоту), достигая максимальной величины у *F. fomentarius*, что превышает содержание фенолов у плодовых тел чаги ($105,3 \pm 7,9$ мкг/г) – традиционно применяемого источника антиоксидантов грибного происхождения. Также большое количество фенолов обнаружено в экстрактах *Ph. igniarius* ($89,4 \pm 1,8$ мкг/г) и *F. pinicola* ($70,5 \pm 2,6$ мкг/г), в то время как экстракты *P. betulinus* содержали меньше всего фенольных соединений ($13,5 \pm 2,5$ мкг/г) среди испытанных образцов.

В ряду суммарных экстрактов отмечена корреляция между содержанием фенолов и радикал-ингибирующей активностью (рис. 1): наиболее активными в отношении DPPH, ABTS и NO оказались экстракты *F. fomentarius* ($IC_{50} = 53,1$; 25,6 и 81,3 мкг/мл соответственно) и *Ph. igniarius* ($IC_{50} = 65,8$; 41,2 и 82,4 мкг/мл соответственно), а экстракты *P. betulinus* нейтрализовали радикалы при значительно более высоких концентрациях ингибитора ($IC_{50} = 88,6$; 169,2 и 149,8 мкг/мл соответственно). Подобная закономерность может указывать на вклад фенольных соединений в радикал-ингибирующую активность экстрактов [16].

В отдельных случаях отмечены отклонения от общей тенденции: например, *F. pinicola*, несмотря на высокое содержание фенолов, слабо ингибировали DPPH-радикалы ($IC_{50} = 166,1 \pm 4,8$ мкг/мл). Возможное объяснение этому эффекту состоит в образовании конъюгатов фенолов со смолистыми веществами, которые в значительных количествах присутствуют в плодовых телах этого трутовика. Напротив, *G. applanatum* и *G. lingzhi* при относительно невысоком содержании фенольных соединений (27,6–27,8 мкг/мл) показали высокий уровень активности в отношении ABTS ($IC_{50} = 40,7$ –55,8 мкг/мл) и DPPH ($IC_{50} = 60,9$ –82,8 мкг/мл). В работе [6] было показано, что содержащиеся в *Ganoderma spp.* 11-оксо- Δ 8-

тритерпеноиды также могут нейтрализовать свободные радикалы, с чем, вероятно, и связано наблюдаемое отклонение.

Важно подчеркнуть, что по радикал-ингибирующей активности в отношении модельных радикалов экстракты *F. fomentarius*, *Ph. igniarius* превосходили образец сравнения – экстракт *I. obliquus*.

Способность экстрактов хелатировать ионы прооксидантных металлов Cu(II) и Fe(II) [17] также коррелирует с содержанием фенольных соединений (рис. 1). Известно, что в исследуемых грибах фенольные соединения представлены [18, 19]:

- фенолкарбоновыми кислотами (галловой, сиригеновой, кофейной и др.);
- флавоноидами и их гликозидами и сложными эфирами (кверцетин, нарингенин, рутин, эпи-катехин-3-галлат);
- бензотрополонами (фоментариол и его производные);
- производными гидрохинона (лингжины, лингжиолы);
- гидроксиизокумаринами (феллогридины).

Наличие полифенольных фрагментов в структуре этих классов биологически активных веществ позволяет им выступать в качестве полидентатных лигандов и образовывать

с ионами Cu(II) и Fe(II) прочные комплексы, не позволяя последним вступать в реакцию Фентона с образованием цитотоксичных гидроксильных радикалов [20]. Лидерами по хелатирующей активности, как и в предыдущих тестах, оказались экстракты *F. fomentarius* и *Ph. igniarius* (рис. 1).

Для разделения биологически активных веществ экстрактов на группы по полярности было проведено их фракционирование петролейным эфиром, хлороформом, этилацетатом, 96% этанолом и водой. Показано, что наименьшее количество фенольных соединений содержалось в петролейно-эфирной (3,3-23,1 мкг/г) и водной (1,2-9,2 мкг/г) фракциях (рис. 2), которые преимущественно концентрируют липофильные компоненты (липиды, тритерпеноиды) и полисахариды соответственно. Ожидается, что эти фракции не проявляют высокой активности в ингибировании радикалов (рис. 2). В то же время наибольшее количество фенольных соединений обнаружено в этилацетатных фракциях (16,1-161,3 мкг/г), проявляющих при этом и более высокий уровень радикал-ингибирующей и хелатирующей активности (рис. 2). Наибольший эффект показали этилацетатные фракции *F. fomentarius* и *Ph. igniarius*.

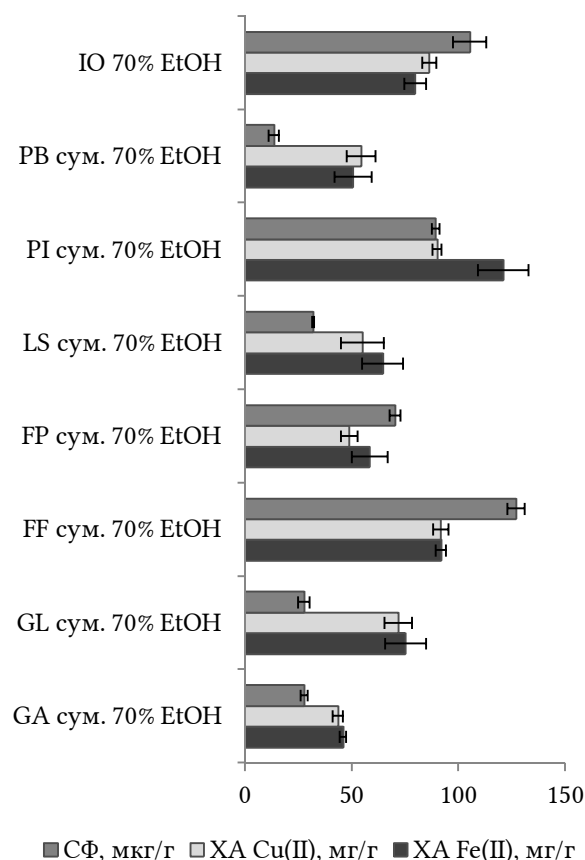
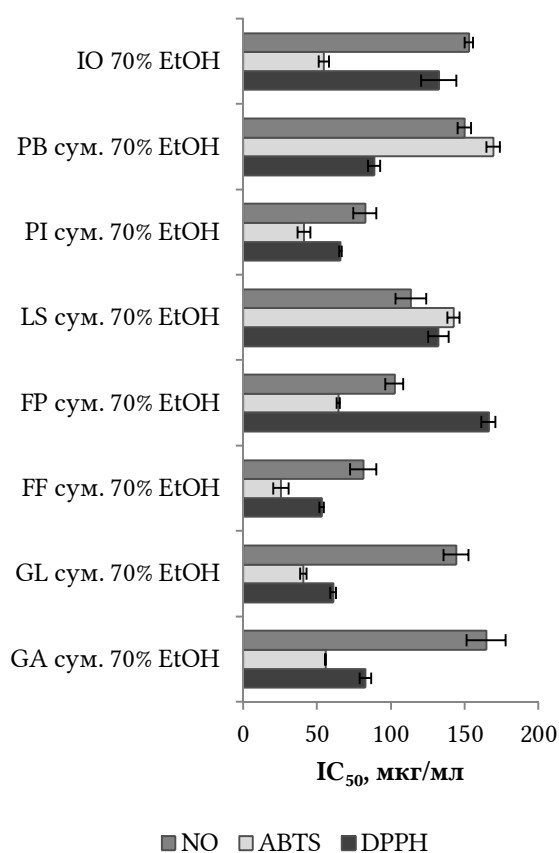


Рис. 1. Антиоксидантная активность суммарных водно-спиртовых (70% об.) экстрактов плодовых тел фомитоидных трутовиков.

Fig. 1. Antioxidant activity of total water-alcohol (70% vol.) extracts of fruit bodies of phomitoid tinder plants.

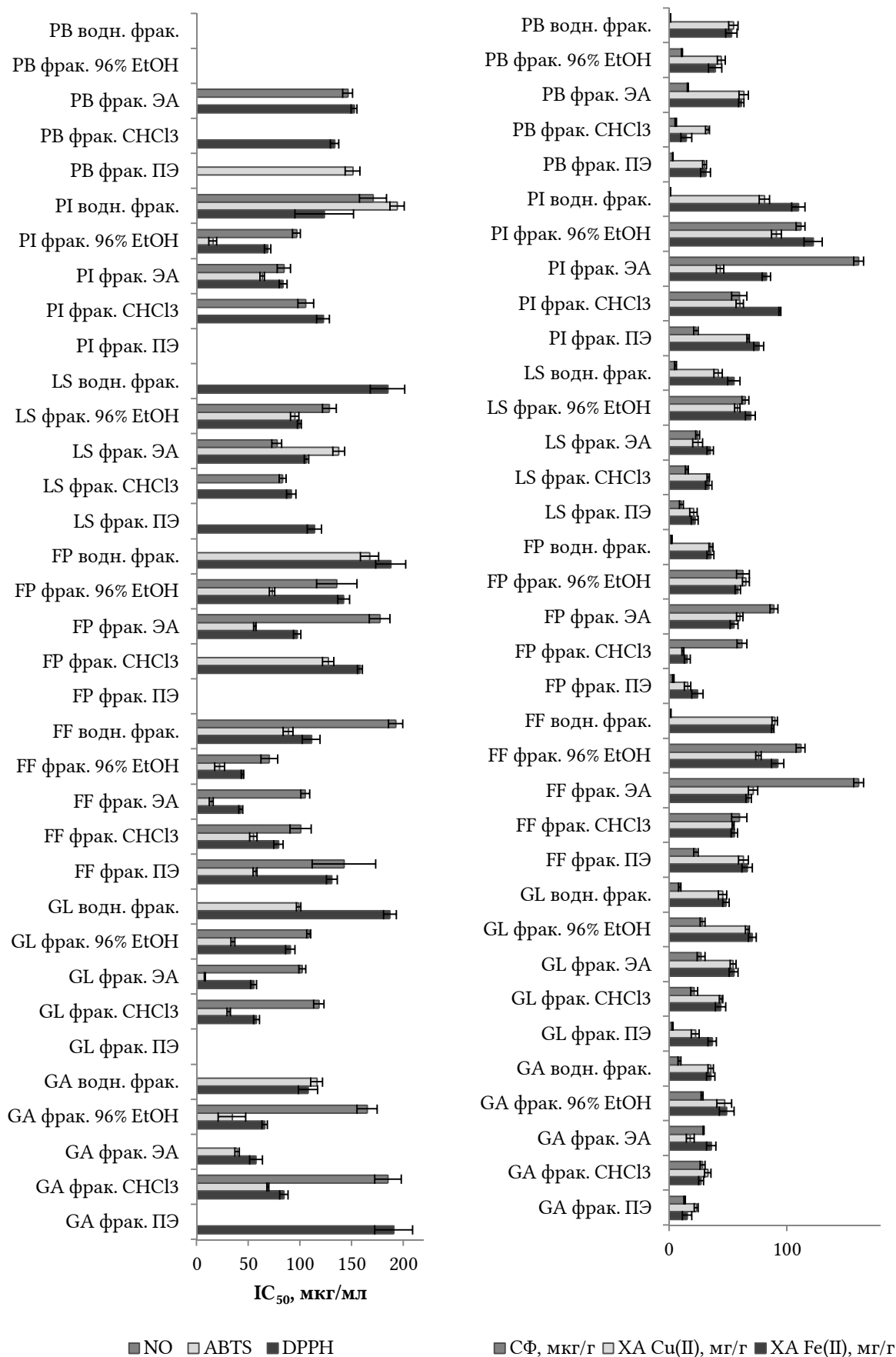


Рис. 2. Антиоксидантная активность фракционированных экстрактов плодовых тел фомитоидных трутовиков.

Fig. 2. Antioxidant activity of fractionated extracts of fruit bodies of phomitoid tinder plants.

Таким образом, установлено, что в ряду экстрактов плодовых тел фомитоидных трутовиков и их фракций уровень радикал-ингибирующей и хелатирующей активности коррелирует с содержанием суммы фенольных соединений. При этом среди грибов наибольшей антиоксидантной активностью характеризуются суммарные экстракты *F. fomentarius* и *Ph. igniarius*, превосходящие эффект экстракта чаги, а среди фракций наиболее эффективны богатые фенольными соединениями этилацетатные фракции.

Полученные результаты открывают новые доступные природные сырьевые ресурсы для получения высокоэффективных антиоксидантов грибного происхождения, а экстракты *F. fomentarius* и *Ph. igniarius* представляют особый интерес для дальнейшей фармацевтической разработки.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии источников финансирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press; 2015. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001.
- Irato P., Santovito G. Enzymatic and Non-Enzymatic Molecules with Antioxidant Function. *Antioxidants (Basel)*. 2021;10(4). DOI: 10.3390/antiox10040579.
- Xu X., Liu A., Hu S., Ares I., Martínez-Larrañaga M.R., Wang X., Martínez M., Anadón A., et al. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chem.* 2021;353:129488. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129488.
- Ali S.S., Kasoju N., Luthra A., Singh A., Sharanabasa H., Sahu A., Bora U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Research International*. 2008;41(1):1–15. DOI: 10.1016/j.foodres.2007.10.001.
- Зеневиц Л.С., Горбачевич Г.И., Бычковский П.М. Антиоксидантная активность и химический состав экстрактов *Ganoderma applanatum*. XXVI Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых: сборник материалов. 2024;1013–1017. [Zenevich L.S., Harbatsevich H.I., Bychkovsky P.M. Antioxidant activity and chemical composition of *Ganoderma applanatum* extracts. XXVI Republican scientific and practical conference of young scientists: collection of materials. 2024;1013–1017 (in Russ.)]
- Горбачевич Г.И., Зеневиц Л.С., Баталова И.Р., Коваленко С.А., Бычковский П.М. Химический состав и антиоксидантная активность экстрактов плодовых тел *Ganoderma lingzhi* и *Ganoderma lucidum*. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2024;14(6):686–697 [Harbatsevich H.I., Zenevich L.S., Batalova I.R., Kovalenko S.A., Bychkovsky P.M. Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Ganoderma lingzhi* and *Ganoderma lucidum* Fruiting Body Extracts. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya*. 2024;14(6):686–697 (in Russ.)]. DOI: 10.30895/1991-2919-2024-609. EDN: LBIWBV.
- Лемешевский В.О., Рышкель И.В. Биолого-экологический анализ трутовых грибов на примере агрогородка Олышаны. *Экологический вестник*. 2017;2(40):52–57. [Lemeshevsky V.O., Ryshkel I.V. Biological and ecological analysis of tinder fungi on the example of the agrotown of Olshany. *Ecological Bulletin*. 2017;2(40):52–57 (in Russ.)]. EDN: JBETFT.
- Государственный реестр лекарственных средств Республики Беларусь [The State Register of Medicines of the Republic of Belarus (in Russ.)]. URL: <https://www.rceth.by/Refbank>.
- Государственный реестр лекарственных средств Российской Федерации [The State Register of Medicines of the Russian Federation (in Russ.)]. URL: <https://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx>.
- Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: *Oxidants and Antioxidants Part A*. Elsevier; 1999:152–178. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1.
- Kedare S.B., Singh R.P. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *J Food Sci Technol*. 2011;48(4):412–422. DOI: 10.1007/s13197-011-0251-1.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999;26(9-10):1231–1237. DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
- Baliga M.S., Jagetia G.C., Rao S.K., Babu K. Evaluation of nitric oxide scavenging activity of certain spices *in vitro*: a preliminary study. *Nahrung*. 2003;47(4):261–264. DOI: 10.1002/food.200390061.
- Minotti G., Aust S.D. An investigation into the mechanism of citrate-Fe²⁺-dependent lipid peroxidation. *Free Radic Biol Med*. 1987;3(6):379–387. DOI: 10.1016/0891-5849(87)90016-5.
- Santos J.S., Alvarenga Brizola V.R., Granato D. High-throughput assay comparison and standardization for metal chelating capacity screening: A proposal and application. *Food Chem*. 2017; 214:515–522. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.091.
- Lohvina A.O. Comparative evaluation of the iron-chelating properties, antiradical and total antioxidant activity of extracts from the raw material of phytopreparations of common medicinal herbs. *JCPRM*. 2022;(2):193–201. DOI: 10.14258/jcprm.20220210429.
- Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *J Cell Mol Med*. 2010;14(4):840–860. DOI: 10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x.
- Yan Y.M., Ai J., Zhou L.L., Chung A.C., Li R., Nie J., Fang P., Wang X. et al. Lingzhiols, unprecedented

- rotary door-shaped meroterpenoids as potent and selective inhibitors of p-Smad3 from *Ganoderma lucidum*. *Org Lett.* 2013;15(21):5488-5491. DOI: 10.1021/ol4026364.
19. Li Y., Zhou Y., Wu J., Li J., Yao H. Phelligradin D from *Inonotus obliquus* attenuates oxidative stress and accumulation of ECM in mesangial cells under high glucose via activating Nrf2. *J Nat Med.* 2021;75(4):1021–1029. DOI: 10.1007/s11418-021-01534-w.
20. Yurkova I., Kisel M., Arnhold J., Shadyro O. Iron-mediated free-radical formation of signaling lipids in model system. *Chem Phys Lipids.* 2005;137(1-2): 29–37. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2005.06.002.

Поступила в редакцию 07.04.2025
Подписана в печать 25.10.2025

Для цитирования: Горбачевич Г.И. Антиоксидантная активность экстрактов фомитоидных трутовиков, произрастающих на территории Республики Беларусь. *Человек и его здоровье.* 2025;28(3):72–78. DOI: 10.21626/vestnik/2025-3/09. EDN: WZKPVY.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS OF FOMITOID FUNGI GROWING IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

© Harbatsevich H.I.

Belarusian State Medical University (BSMU)
83, Dzerzhinsky Ave., Minsk, 220045, Belarus

Objective – to study the antioxidant activity of the extracts from fruiting bodies of fomitoid fungi growing in the Republic of Belarus.

Materials and Methods. Fruiting bodies of *Piptoporus betulinus*, *Inonotus obliquus*, and *Fomes fomentarius* were collected from silver birch; *Ganoderma applanatum* – from oak; *Phellinus igniarius*, *Laetiporus sulphureus* and *Fomitopsis pinicola* – from pine; and *Ganoderma lingzhi* was cultivated on an oak sawdust-based substrate. Total hydroalcoholic extracts were obtained using the remaceration method. For fractionated extracts, the crushed raw material was sequentially extracted in a Soxhlet apparatus using petroleum ether (40–70), chloroform, ethyl acetate, and 96% ethanol (rectified). The antioxidant activity of the extracts was assessed by determining the total phenolic content, radical-scavenging activity against DPPH[•], ABTS⁺, and NO[•], as well as chelating activity towards Cu²⁺ and Fe²⁺.

Results. It was found that among the extracts of polypore fungi fruiting bodies and their fractions, the level of radical-scavenging and chelating activity correlated with the total phenolic content. Among the studied fungi, the extracts of *F. fomentarius* and *Ph. igniarius* exhibited the highest antioxidant activity, surpassing the effect of chaga extract. Among the fractions, ethyl acetate extracts were the most effective.

Conclusion. The obtained results reveal new accessible natural raw material sources for the production of highly effective mushroom-derived antioxidants. The extracts of *F. fomentarius* and *Ph. igniarius* are of particular interest for further pharmaceutical development.

Keywords: polypore fungi; antioxidant activity; chelating activity.

Harbatsevich Hleb I. – Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor, Department of Pharmaceutical Chemistry with a Course of Advanced Training and Retraining, BSMU, Minsk, Belarus. ORCID ID: 0009-0002-0226-8636. E-mail: hleb.harbatsevich@gmail.com.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The authors claim that there are no sources of funding.

Received 07.04.2025
Accepted 25.06.2025

For citation: Harbatsevich H.I. Antioxidant activity of extracts of fomitoid fungi growing in the territory of the Republic of Belarus. *Humans and their health.* 2025;28(3):72–78. DOI: 10.21626/vestnik/2025-3/09. EDN: WZKPVY.