

УДК 678.048:630*813.2:582.28
AGRIS F62

https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/03

АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТОВ ИЗ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ И ДИКОРАСТУЩИХ МАКРОМИЦЕТОВ

©Храмченкова О. М., ORCID: 0000-0002-6677-096X, SPIN-код: 2803-7509,
канд. биол. наук, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь, hramchenkova@gsu.by

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF EXTRACTS FROM CULTURED AND WILD MACROMYCETES

©Khramchankova V., ORCID: 0000-0002-6677-096X, SPIN-code: 2803-7509,
Ph.D., F. Scorina Gomel State University, Gomel, Belarus, hramchenkova@gsu.by

Аннотация. Изучали антиоксидантные свойства бензоловых, метаноловых и этаноловых экстрактов из макромицетов *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* и *Pleurotus ostreatus* (культивируемые виды); *Fomes fomentarius*, *Inonotus obliquus* и *Trametes versicolor* (дикорастущие виды). Оценивали суммарное содержание флавоноидов и антиоксидантную активность (методы ДФПГ, ферро-/феррицианидный спектрофотометрический, CUPRAC и обесцвечивания β-каротина). Показано, что выход бензоловых экстрактов составлял до 1,9%; метаноловых до 7,2%; этаноловых до 9,6%. Содержание суммы флавоноидов в метаноловых и этаноловых экстрактах из дикорастущих макромицетов составляло до 29,5 мг-экв рутина на грамм экстракта. Экстракты из макромицетов проявляли невысокую антиоксидантную активность в реакциях ДФПГ и CUPRAC. Установлено, что метаноловые экстракты из *F. fomentarius* и *T. versicolor*, а также этаноловые из *L. edodes*, *F. fomentarius* и *T. versicolor* обладают высокой антирадикальной активностью в отношении ДФПГ и радикала β-каротина.

Abstract. The antioxidant properties of benzene, methanol, and ethanol extracts from *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* (cultivated species); *Fomes fomentarius*, *Inonotus obliquus* и *Trametes versicolor* (wild species) were studied. The total content of flavonoids and antioxidant activity were evaluated (DPPH, PFRAP, CUPRAC and β-carotene bleaching assay). The yield of benzene extracts was up to 1.9%; methanol up to 7.2%; ethanol to 9.6%. The content of total flavonoids in methanol and ethanol extracts from wild macromycetes was up to 29.5 mEq of rutin per gram of extract. Extracts from macromycetes showed low antioxidant activity in the PFRAP and CUPRAC reactions. It was found that methanol extracts from *F. fomentarius* and *T. versicolor*, as well as ethanol extracts from *L. edodes*, *F. fomentarius* and *T. versicolor*, have high antiradical activity against DPPH and β-carotene radical.

Ключевые слова: грибы, экстракты из макромицетов, антиоксидантные свойства, флавоноиды, ДФПГ-тест, ферро-/феррицианидный спектрофотометрический метод, метод CUPRAC, обесцвечивание β-каротина, α-токоферол, тролокс, спектрофотометрия.

Keywords: Fungi, macromycetes extracts, antioxidant properties, flavonoids, DPPH, PFRAP, CUPRAC, β-carotene bleaching assay, α-tocopherol, trolox, spectrophotometry.



Введение

Экстракты из различных видов грибов, прежде всего макромицетов, в настоящее время являются предметом широчайшего скрининга на предмет наличия у них различных видов биологической активности. По-видимому, это связано с тем, что такого рода изучение микромицетов началось достаточно давно и привело к революционным открытиям в биологии и медицине — пенициллина у *Penicillium crustosum*, фитогормона гиббереллина у *Gibberella fujikuroi* и многим другим свершениям, преобразившим жизнь человечества. Все большее количество видов высших грибов вводится в культуру не только с пищевыми, но и с медицинскими целями. Так что понятия «культивируемый» и «дикорастущий» вид макромицетов в достаточной степени являются условными, так как практически все культивируемые виды грибов до настоящего времени успешно существуют в дикой природе, тогда как культивируемость ныне дикорастущих видов — вопрос будущего. Выделена отдельная группа грибов медицинского назначения, среди которых ведется поиск соединений для профилактики и терапии различных заболеваний. В настоящее время в обществе существует активный запрос на натуральную продукцию как противовес множества синтетических соединений, постоянно поступающих в организм человека как алиментарным путем, так и посредством употребления различных БАДов, гигиенических, косметических средств и т.д. Одним из важнейших желаемых свойств запрашиваемой продукции является ее антиоксидантная активность, так как до сведения различных когорт населения успешно доведены научные данные о вредоносности свободно-радикальных процессов в организме и способах противостояния таковым. Существует обширная научная литература, описывающая антиоксидантные свойства экстрактов из макромицетов вообще [1], представителей определенных родов [2], или отдельных видов — дикорастущих [3] и культивируемых [4]. Приводимые данные легко сравнивать с таковыми для известных антиоксидантов. Экстракты из макромицетов чаще всего получают методом мацерации с использованием воды в качестве экстрагента, или водо-спиртовых растворов с концентрацией до 70%. Существенно меньше данных о свойствах экстрактов, полученных с использованием органических растворителей.

Целью настоящего исследования было экстрагирование по Сокслету тремя органическими растворителями шести видов макромицетов с последующей оценкой антиоксидантных свойств экстрактов пятью различными методами: определение суммарного количества флавоноидов; оценка общей антиоксидантной активности (PFRAP и CUPRAC) и выявление антирадикальной активности (DPPH и метод обесцвечивания β-каротина).

Материал и методы исследования

Экстрагировали измельченную воздушно-сухую биомассу плодовых тел следующих видов макромицетов: Шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach); Лентинула съедобная (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler), шиитаке; Вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm.); Трутовик настоящий (*Fomes fomentarius* (L.) Fr.); Трутовик скошенный (*Inonotus obliquus* ((Fr.) Pilát) чага; Трутовик разноцветный (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd) (Рисунок 1).

Образцы плодовых тел макромицетов получены из лаборатории микологии кафедры лесохозяйственных дисциплин биологического факультета Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Навески воздушно-сухого сырья экстрагировали бензолом, метанолом и этанолом. Растворители отгоняли путем ротационного испарения, экстракты досушивали до твердого состояния под вытяжкой при комнатной температуре, затем для определения антиоксидантных свойств растворяли в метаноле до концентрации 1 мг/мл.

Суммарное содержание флавоноидов в экстрактах оценивали по [5], результаты выражали в миллиграмм-эквивалентах рутина на грамм экстракта.

Общую антиоксидантную активность оценивали ферро-/феррицианидным спектрофотометрическим методом (PFRAP (potassium ferricyanide reducing power)) по [6]; методом CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) — по [7]; для положительного контроля использовали тролокс. Антирадикальную активность оценивали при помощи ДФПГ-теста (DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity (DPPH) Assay)) по [8], путем обесцвечивания β -каротина (β -Carotene Bleaching Assay) по [9], для положительного контроля использовали α -токоферол.



Рисунок 1. Объекты исследования (<https://www.mycportal.org/portal>)

Все спектрофотометрические измерения производили с помощью УФ-спектрофотометра Solar PB 2201, измерительные кюветы — кварцевые, длина оптического пути 10 мм.

Результаты и обсуждение

В Таблице 1 приведены результаты определения выхода экстрактов из плодовых тел изучаемых видов макромицетов.

Таблица 1

ПРОЦЕНТНЫЙ ВЫХОД ЭКСТРАКТОВ ИЗ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ ГРИБОВ

Виды грибов	Виды экстрактов		
	бензоловый	метаноловый	этаноловый
<i>Культивируемые макромицеты</i>			
<i>Agaricus bisporus</i>	1,2 ± 0,05	4,3 ± 0,76	5,1 ± 0,47
<i>Lentinula edodes</i>	1,9 ± 0,08	7,2 ± 0,69	9,6 ± 0,43
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,8 ± 0,04	5,7 ± 0,53	6,3 ± 0,57
<i>Дикорастущие макромицеты</i>			
<i>Fomes fomentarius</i>	0,5 ± 0,02	4,8 ± 0,54	5,6 ± 0,37
<i>Inonotus obliquus</i>	0,3 ± 0,01	1,4 ± 0,12	2,1 ± 0,09
<i>Trametes versicolor</i>	0,4 ± 0,08	3,7 ± 0,29	6,1 ± 0,48

Очевидно, что использование спиртов в качестве экстрагентов сухой биомассы плодовых тел культивируемых и дикорастущих макромицетов позволяет получить существенно большее количество экстрактов, чем при экстрагировании бензолом. Дикорастущие виды макромицетов давали меньший выход экстрактов, чем культивируемые. Результаты определения в полученных экстрактах содержания флавоноидов отражают химические свойства последних — хорошую растворимость в спиртах (Таблица 2).

Таблица 2

СУММАРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ЭКСТРАКТАХ ИЗ МАКРОМИЦЕТОВ
 (в мг-экв рутина на грамм экстракта)

Виды грибов	Виды экстрактов		
	бензоловый	метаноловый	этаноловый
<i>Культивируемые макромицеты</i>			
<i>Agaricus bisporus</i>	1,6 ± 0,72	13,4 ± 0,25	14,7 ± 0,38
<i>Lentinula edodes</i>	1,2 ± 0,09	12,1 ± 0,49	13,3 ± 0,41
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1,7 ± 0,03	10,2 ± 0,16	11,8 ± 0,35
<i>Дикорастущие макромицеты</i>			
<i>Fomes fomentarius</i>	8,1 ± 0,68	26,9 ± 1,25	29,5 ± 1,04
<i>Inonotus obliquus</i>	4,9 ± 0,35	20,2 ± 0,84	24,8 ± 0,99
<i>Trametes versicolor</i>	4,2 ± 0,76	18,2 ± 0,79	22,9 ± 0,65

Метаноловые и этаноловые экстракты из дикорастущих трутовиков отличались наибольшим содержанием флавоноидов, что позволяет предположить у данных экстрактов высокие антиоксидантные возможности. Однако при оценке общей антиоксидантной активности экстрактов методами PFRAP и CUPRAC оказалось, что регистрируемые показатели существенно ниже таковых для стандартного антиоксиданта тролокса (Рисунок 2).

Антиоксидантная активность тролокса, оцененная нами методом PFRAP, составляла $1,915 \pm 0,086$ Б при 700 нм. Отсюда следует, что наиболее активные из экстрактов (бензоловый из *F. fomentarius*, метаноловые из *A. bisporus*, *L. edodes* и *T. versicolor*, а также этаноловые из *L. edodes* и *F. fomentarius*) достигали лишь половинных значений.

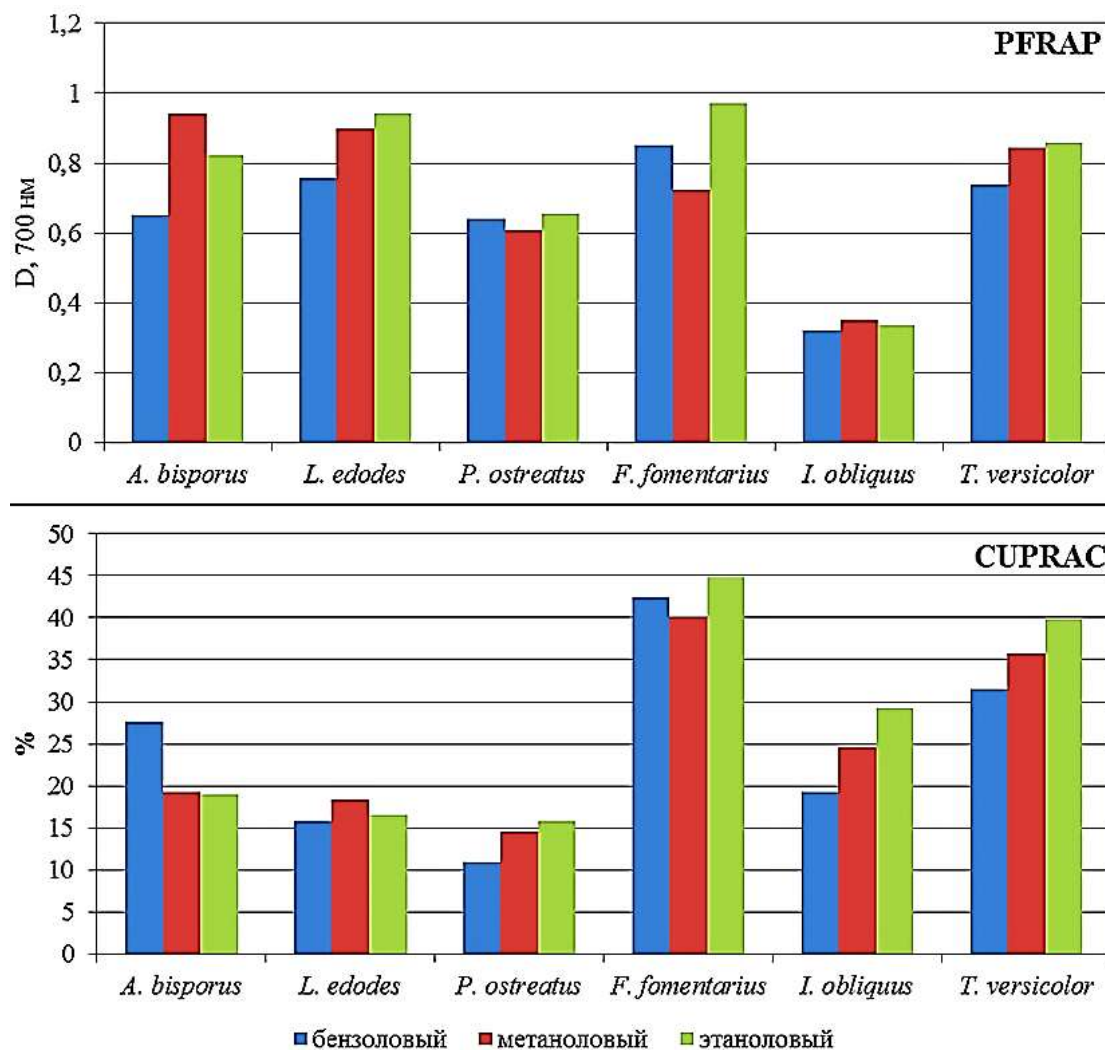


Рисунок 2. Общая антиоксидантная активность экстрактов из макромицетов

То же можно сказать об ингибировании процесса восстановления ионов меди в методике CUPRAC. Методом CUPRAC антиоксидантная активность тролокса в процентах ингибирования оценена как $94,5 \pm 0,79$. Только экстракты из *F. fomentarius* приближаются к $\frac{1}{2}$ от величины антиоксидантной активности тролокса.

Методики DPPH и обесцвечивания β -каротина могут быть сгруппированы по сути протекающих реакций в аналитической системе: в первом случае вносятся свободные радикалы, во втором — они генерируются при неферментативном окислении линолевой кислоты [10]. Результаты определения антирадикальных свойств экстрактов из макромицетов представлены на Рисунке 3.

Определенный процент ингибирования ДФПГ α -токоферолом составляет $91,4 \pm 1,18$; радикала β -каротина составляет $89,1 \pm 0,82\%$, что согласуется с данными Alam N. et al. [11]. Отсюда следует, что метаноловые экстракты из *F. fomentarius* и *T. versicolor*, а также этаноловые из *L. edodes*, *F. fomentarius* и *T. versicolor* обладают высокой антирадикальной активностью.

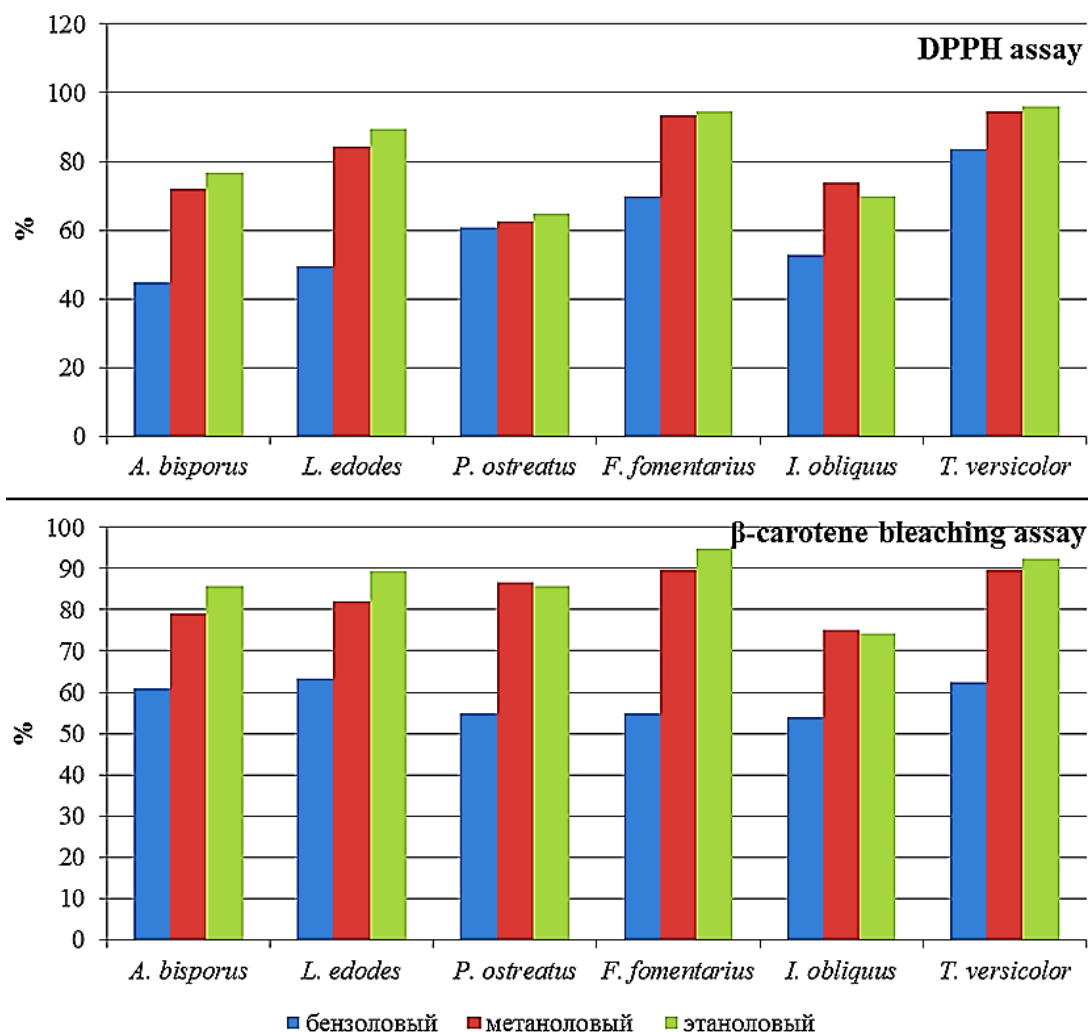


Рисунок 3. Антирадикальная активность экстрактов из макромицетов

Заключение

Произведено экстрагирование по Сокслету бензолом, метанолом и этанолом дикорастущих (*F. fomentarius*, *I. obliquus*, *T. versicolor*) и культивируемых (*A. bisporus*, *L. edodes*, *P. ostreatus*) макромицетов.

Показано, что процентный выход бензоловых экстрактов составлял до $0,3 \div 1,9$; метаноловых $1,4 \div 7,2$; этаноловых $2,1 \div 9,6$. Наименьший выход экстрактов был из плодовых тел *I. obliquus*, наибольший — из *L. edodes*.

Выполнен *in vitro* скрининг антиоксидантных свойств экстрактов. Содержание суммы флавоноидов в метаноловых и этаноловых экстрактах из дикорастущих трутовиков составило $18,2 \div 29,5$ мг-экв рутина на грамм экстракта. Экстракты из макромицетов проявляли невысокую антиоксидантную активность в реакциях, связанных с восстановлением ионов железа и меди (методики PFRAP и CUPRAC). Методами DPPH и обесцвечивания β-каротина показано, что метаноловые экстракты из *F. fomentarius* и *T. versicolor*, а также этаноловые из *L. edodes*, *F. fomentarius* и *T. versicolor* обладают антирадикальной активностью, равной таковой для α-токоферола.

Финансирование: Исследование проводилось в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Радиация и биологические системы», задание 10.3.03.01, №ГР 20211714.

Список литературы:

1. Chun S., Gopal J., Muthu M. Antioxidant activity of mushroom extracts/polysaccharides—Their antiviral properties and plausible antiCOVID-19 properties // *Antioxidants*. 2021. V. 10. №12. P. 1899. <https://doi.org/10.3390/antiox10121899>
2. Muñoz-Castiblanco T., Mejía-Giraldo J. C., Puertas-Mejía M. A. Trametes genus, a source of chemical compounds with anticancer activity in human osteosarcoma: A systematic review // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2020. V. 10. №10. P. 121-129. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2020.1010014>
3. Cruz A., Pimentel L., Rodríguez-Alcalá L. M., Fernandes T., Pintado M. Health benefits of edible mushrooms focused on *Coriolus versicolor*: A review // *Journal of Food and Nutrition Research*. 2016. V. 4. №12. P. 773-781.
4. Atila F., Owaid M. N., Shariati M. A. The nutritional and medical benefits of *Agaricus bisporus*: a review. 2017. <https://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2017/18.7.3.281-286>
5. Pełkal A., Pyrzyńska K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay // *Food Analytical Methods*. 2014. V. 7. P. 1776-1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>
6. Valu M. V., Soare L. C., Sutan N. A., Ducu C., Moga S., Hritcu L., Carradori S. Optimization of ultrasonic extraction to obtain erinacine a and polyphenols with antioxidant activity from the fungal biomass of *Hericium erinaceus* // *Foods*. 2020. V. 9. №12. P. 1889. <https://doi.org/10.3390/foods9121889>
7. Raks V., Öztürk M., Vasylychenko O., Raks M. Ganoderma species extracts: antioxidant activity and chromatography // *Biotechnologia Acta*. 2018. V. 11. №3. P. 69-77. <https://doi.org/10.15407/biotech11.03.069>
8. Elbatrawy E. N., Ghonimy E. A., Alassar M. M., Wu F. S. Medicinal mushroom extracts possess differential antioxidant activity and cytotoxicity to cancer cells // *International journal of medicinal mushrooms*. 2015. V. 17. №5. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v17.i5.70>
9. Adebayo E. A., Martínez-Carrera D., Morales P., Sobal M., Escudero H., Meneses M. E., Bonilla M. Comparative study of antioxidant and antibacterial properties of the edible mushrooms *Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* and *P. tuber-regium* // *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. V. 53. №5. P. 1316-1330. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13712>
10. Bibi Sadeer N., Montesano D., Albrizio S., Zengin G., Mahomoodally M. F. The versatility of antioxidant assays in food science and safety - Chemistry, applications, strengths, and limitations // *Antioxidants*. 2020. V. 9. №8. P. 709. <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>
11. Alam N., Yoon K. N., Lee K. R., Shin P. G., Cheong J. C., Yoo Y. B., Lee T. S. Antioxidant activities and tyrosinase inhibitory effects of different extracts from *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies // *Mycobiology*. 2010. V. 38. №4. P. 295-301. <https://doi.org/10.4489/myco.2010.38.4.295>

References:

1. Chun, S., Gopal, J., & Muthu, M. (2021). Antioxidant activity of mushroom extracts/polysaccharides—Their antiviral properties and plausible antiCOVID-19 properties. *Antioxidants*, 10(12), 1899. <https://doi.org/10.3390/antiox10121899>
2. Muñoz-Castiblanco, T., Mejía-Giraldo, J. C., & Puertas-Mejía, M. A. (2020). Trametes genus, a source of chemical compounds with anticancer activity in human osteosarcoma: A systematic review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10(10), 121-129. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2020.1010014>
3. Cruz, A., Pimentel, L., Rodríguez-Alcalá, L. M., Fernandes, T., & Pintado, M. (2016).

Health benefits of edible mushrooms focused on *Coriolus versicolor*: A review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 4(12), 773-781.

4. Atila, F., Owaid, M. N., & Shariati, M. A. (2017). The nutritional and medical benefits of *Agaricus bisporus*: a review. <https://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2017/18.7.3.281-286>

5. Pełal, A., & Pyrzynska, K. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, 7, 1776-1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>

6. Valu, M. V., Soare, L. C., Sutan, N. A., Ducu, C., Moga, S., Hritcu, L., ... & Carradori, S. (2020). Optimization of ultrasonic extraction to obtain erinacine a and polyphenols with antioxidant activity from the fungal biomass of *Hericium erinaceus*. *Foods*, 9(12), 1889. <https://doi.org/10.3390/foods9121889>

7. Raks, V., Öztürk, M., Vasylenko, O., & Raks, M. (2018). Ganoderma species extracts: antioxidant activity and chromatography. *Biotechnologia Acta*, 11(3), 69-77. <https://doi.org/10.15407/biotech11.03.069>

8. Elbatrawy, E. N., Ghonimy, E. A., Alassar, M. M., & Wu, F. S. (2015). Medicinal mushroom extracts possess differential antioxidant activity and cytotoxicity to cancer cells. *International journal of medicinal mushrooms*, 17(5). <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v17.i5.70>

9. Adebayo, E. A., Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Escudero, H., Meneses, M. E., ... & Bonilla, M. (2018). Comparative study of antioxidant and antibacterial properties of the edible mushrooms *Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* and *P. tuber-regium*. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(5), 1316-1330. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13712>

10. Bibi Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2020). The versatility of antioxidant assays in food science and safety—Chemistry, applications, strengths, and limitations. *Antioxidants*, 9(8), 709. <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>

11. Alam, N., Yoon, K. N., Lee, K. R., Shin, P. G., Cheong, J. C., Yoo, Y. B., ... & Lee, T. S. (2010). Antioxidant activities and tyrosinase inhibitory effects of different extracts from *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies. *Mycobiology*, 38(4), 295-301. <https://doi.org/10.4489/myco.2010.38.4.295>

Работа поступила
в редакцию 13.06.2023 г.

Принята к публикации
20.06.2023 г.

Ссылка для цитирования:

Храмченкова О. М. Антиоксидантные свойства экстрактов из культивируемых и дикорастущих макромицетов // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №7. С. 24-31. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/03>

Cite as (APA):

Khramchankova, V. (2023). Antioxidant Properties of Extracts From Cultured and Wild Macromycetes. *Bulletin of Science and Practice*, 9(7), 24-31. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/03>