

УДК 582.282.162

Л. В. Регада, Н. А. Бісько, Н. В. Гурінович

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного Національної академії наук України,
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна

Антиоксидантна активність екстрактів міцелію та культуральної рідини лікарських макроміцетів роду *Pholiota* (Fr.) P. Kumm.

Анотація

Мета. Визначити величину антиоксидантної активності екстрактів біомаси та культуральної рідини штамів семи видів роду *Pholiota*: *P. adiposa*, *P. alnicola*, *P. aurivella*, *P. limonella*, *P. nameko*, *P. squarrosa*, *P. subochracea*, що їх зберігають у Колекції культур шапинкових грибів (ІБК) Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України.

Матеріали та методи. Антиоксидантні властивості екстрактів культуральної рідини та міцелію штамів видів роду *Pholiota* визначали методом *Elfahri et al.* з використанням DPPH (1,1-дифеніл-2-пікрілгідразилу). Міцелій досліджених штамів вирощували поверхневим методом на рідкому глюкозо-пептон-дріжджовому середовищі. Культуральну рідину відокремлювали від міцеліальної біомаси фільтруванням через капроновий фільтр. Поглинання метанольних екстрактів культуральної рідини та біомаси досліджених штамів вимірювали за 517 нм на спектрофотометрі SF 46 LOMO.

Результати та їх обговорення. Порівнюючи отримані дані, можемо зробити висновок про значно вищу ефективність антиоксидантної дії у випадку метанольних екстрактів біомаси – показники варіювали від $65,98 \pm 0,98\%$ (*P. nameko*) до $83,6 \pm 1,4\%$ (*P. alnicola*). Щодо екстрактів культуральної рідини, то максимальні значення було зафіксовано у випадку *P. limonella* ($38,3 \pm 1,14\%$), а мінімальні – *P. subochracea* ($7,37 \pm 0,46\%$).

Висновки. Уперше визначено величину та межі варіювання антиоксидантної активності екстрактів біомаси (65–83%) та культуральної рідини (7,4–38%) штамів лікарських видів грибів *P. adiposa*, *P. alnicola*, *P. aurivella*, *P. limonella*, *P. nameko*, *P. squarrosa*, *P. subochracea*.

Ключові слова: мікологія; *Pholiota*; штам; вегетативний міцелій; антиоксидантна активність

L. V. Regeda, N. A. Bisko, N. V. Gurinovich

M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine,
2, Tereshchenkivska str., Kyiv, 01601, Ukraine

The antioxidant activity of extracts of the mycelium and the culture fluid of medicinal macromycetes of *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. genus

Abstract

Aim. To determine the value of the antioxidant activity of the biomass and culture fluid extracts of strains of seven species of *Pholiota* genus: *P. adiposa*, *P. alnicola*, *P. aurivella*, *P. limonella*, *P. nameko*, *P. squarrosa*, *P. subochracea*, which stored in the Mushroom Culture Collection (IBK) of the M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Materials and methods. The antioxidant properties of the biomass and culture fluid extracts of strains of *Pholiota* genus were determined by the method of *Elfahri et al.* using DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Mycelia of the strains studied were grown by the surface method on a liquid glucose-pepton-yeast medium. The culture fluid was separated from the mycelial biomass by filtration through a capron filter. The absorption of methanol extracts of the culture fluid and the biomass of the strains studied was measured at 517 nm on a SF 46 LOMO spectrophotometer.

Results and discussion. Comparing the data obtained we can conclude that the antioxidant effect is significantly higher in the case of methanol biomass extracts – the indicators ranged from $65.98 \pm 0.98\%$ (*P. nameko*) to $83.6 \pm 1.4\%$ (*P. alnicola*). As for the culture fluid extracts, the maximum values were recorded in the case of *P. limonella* ($38.3 \pm 1.14\%$), and the minimum values were observed for *P. subochracea* ($7.37 \pm 0.46\%$).

Conclusions. For the first time, the value and limits of variation in the antioxidant activity of the biomass (65–83 %) and culture fluid extracts (7.4–38 %) have been determined for strains of medicinal fungal species *P. adiposa*, *P. alnicola*, *P. aurivella*, *P. limonella*, *P. nameko*, *P. squarrosa*, *P. subochracea*.

Keywords: mycology; *Pholiota*; strain; vegetative mycelium; antioxidant activity

Citation: Regeda, L. V.; Bisko, N. A.; Gurinovych, N. V. The antioxidant activity of extracts of the mycelium and the culture fluid of medicinal macromycetes of *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. genus. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry* 2021, 19 (4), 47–53.

<https://doi.org/10.24959/ophcj.21.247038>

Received: 27 October 2021; **Revised:** 20 November 2021; **Accepted:** 23 November 2021

Copyright © 2021, L. V. Regeda, N. A. Bisko, N. V. Gurinovych. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

Funding: The work is a part of the research of M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine on the topic “The biological activity of strains of the Mushroom Culture Collection (IBK) of the Institute of Botany” (the state registration No. 0120U101111).

Conflict of interests: the authors have no conflict of interests to declare.

■ Вступ

Види роду *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. використовують як для промислового отримання плодових тіл, а саме *P. nameko* (T. Ito) S. Ito та *P. adiposa* (Batsch) P. Kumm. [1, 2], так і для отримання біологічно активних речовин із лікувальними властивостями. У значній кількості публікацій висвітлено питання медико-біологічної властивості плодових тіл та вегетативного міцелію деяких видів *Pholiota* spp. Наразі виявлено їхні антимікробні [3–9], антиоксидантні [5, 9–15], гепатопротекторні [16, 17], протиухлинні [18, 19] та імуномодельовальні властивості [20–22]. Проте сьогодні людство використовує лише незначну частину цього величезного природного потенціалу. Недостатність інформації про біологічну активність екстрактів вегетативного міцелію штамів видів цього роду унеможливує повне використання біотехнологічних ресурсів видів *Pholiota* spp.

Для визначення антиоксидантної активності видів роду *Pholiota* деякі дослідники використовували DPPH (1,1-дифеніл-2-пікрилгідразил), що є стабільним вільним радикалом і дозволяє оцінити радикал-зв'язувальну активність потенційних антиоксидантів [6, 14, 15].

Аналіз літературних даних щодо водних чи спиртових екстрактів видів *P. nameko* та *P. adiposa* дозволяє констатувати досить високий рівень їхньої антиоксидантної активності. Було зазначено, що відсоток вилучення вільних радикалів у випадку додавання метанольних екстрактів плодових тіл *P. nameko* становив 69,5% [23]. Проте результати щодо етанольних екстрактів вегетативного міцелію [24] різних штамів цього ж виду та плодових тіл [25] свідчать про їхню незначну антиоксидантну активність у межах 5,44–12,92%. Найвищі показники цієї активності для *P. nameko* отримували в дослідженнях виділених з нього полісахаридів, а саме 77,9% [13].

Доведено, що вільні радикали виробляються під час нормального та/або патологічного метаболізму клітин людини. Організм людини захищений від пошкодження вільними радикалами ензимами групи антиоксидантних ферментів, такими, як супероксиддисмутаза та каталаза, або хімічними сполуками, як-от: α -токоферол, аскорбінова кислота, каротиноїди, поліфенольні сполуки та глутатіон [26]. Коли накопичення вільних радикалів досягає рівня, за якого їх неможливо поступово нейтралізувати, організм реагує на це окислювальним стресом. Цей процес впливає на розвиток таких хронічних і дегенеративних захворювань, як рак, аутоімунні розлади, старіння, катаракта, ревматоїдний артрит, серцево-судинні та нейродегенеративні захворювання. Людський організм має кілька механізмів протидії окислювальному стресу і використовує антиоксиданти, які або синтезуються природним шляхом *in situ*, або надходять із продуктів харчування та/або харчових добавок [27]. Відомо, що базидієві гриби, зокрема види роду *Pholiota*, є потенційними продуцентами антиоксидантів [15, 28].

Метою нашого дослідження було визначити антиоксидантну активність екстрактів культуральної рідини та біомаси штамів видів роду *Pholiota*, що їх зберігають у Колекції культур шапинкових грибів (IBK) Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України.

■ Матеріали та методи

Об'єктами досліджень були чисті культури 15 штамів 7 видів роду *Pholiota* (таблиця, рисунки 1–2), що їх зберігають у Колекції культур шапинкових грибів (IBK) Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України [29].

Міцелій досліджених штамів вирощували в поверхневій культурі на рідкому глюкозо-пептон-дріжджовому середовищі (ГПД). До складу ГПД

Таблиця. Список досліджених штамів видів роду *Pholiota*

Вид	Номер штаму в Колекції IBK	Походження культури, рік надходження до Колекції IBK
<i>P. adiposa</i> (Batsch) P. Kumm.	2169	Україна, м. Київ, 2011
<i>P. alnicola</i> (Fr.) P. Kumm. (syn. <i>Flammula alnicola</i> (Fr.) P. Kumm.)	2406	Україна, Івано-Франківська обл., м. Галич, Галицький національний природний парк, 2015
<i>P. aurivella</i> (Batsch) P. Kumm.	2334	Україна, м. Київ, 2013
	2371	Україна, м. Київ, 2014
	2538	Україна, Київська обл., с. Кийлів, 2017
	2605	Україна, Київська обл., смт Васильків, 2018
<i>P. limonella</i> (Peck) Sacc.	2335	Україна, м. Кам'янець-Подільський, 2013
	1976	Японія, 2009
<i>P. nameko</i> (T. Ito) S. Ito & S. Imai	2153	Україна, м. Мелітополь, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2011
	2154	Україна, м. Мелітополь, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного (штам AM2), 2011
<i>P. squarrosa</i> (Oeder) P. Kumm.	2008	Російська Федерація, м. Москва, Московський державний університет імені М. В. Ломоносова (штам 3937), 2009
	2010	Російська Федерація, м. Москва, Московський державний університет імені М. В. Ломоносова (штам 3935), 2009
	2606	Україна, м. Київ, 2018
	2609	Україна, м. Київ, 2018
<i>P. subochracea</i> (A.H.Sm.) A.H.Sm. & Hesler	2535	Україна, Київська обл., с. Кийлів, 2017

середовища входять, г л⁻¹: глюкоза – 25,0; пептон – 3,0; дріжджовий екстракт – 3,0; MgSO₄ – 0,25; КН₂РО₄ – 1,0; К₂НРО₄ – 1,0.

Як інкулюм використовували вегетативний міцелій штамів, вирощених на агаризованому глюкозо-пептон-дріжджовому середо-

вищі (ГПДА). До складу ГПДА середовища входять, г л⁻¹: глюкоза – 25,0; пептон – 3,0; дріжджовий екстракт – 3,0; MgSO₄ – 0,25; КН₂РО₄ – 1,0; К₂НРО₄ – 1,0; агар – 22,0.

Міцеліальні диски діаметром 5 мм вирізали стерильною сталевією трубкою на відстані

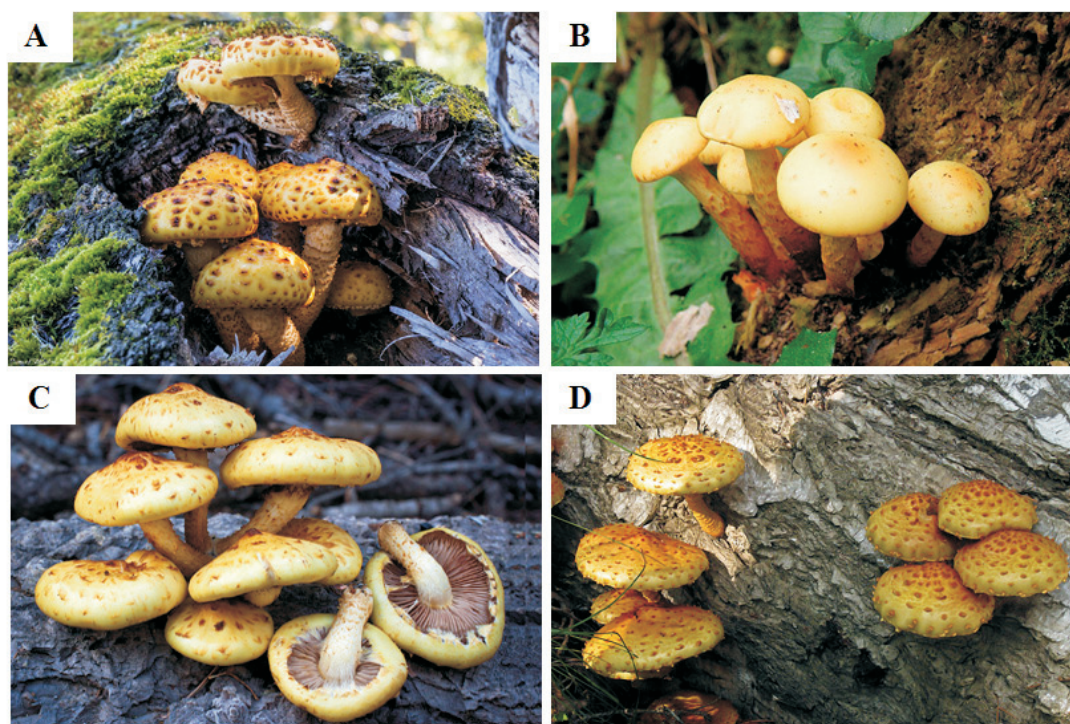


Рисунок 1. Плодові тіла *P. adiposa* (A) (фото з інтернет-ресурсу <https://mycology.su/>), *P. alnicola* (B) (<https://lesnoygrib.ru/>), *P. aurivella* (C) (<http://lv gira.narod.ru/>), *P. limonella* (D) (<https://mycology.su/>)

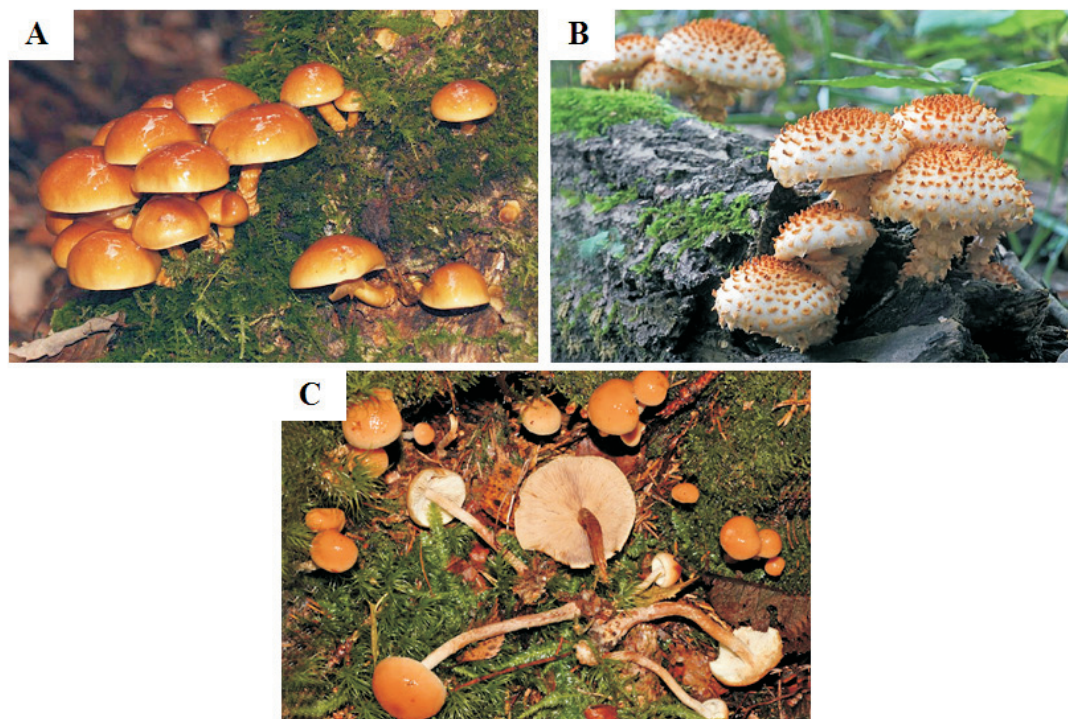


Рисунок 2. Плодові тіла *P. nameko* (А) (фото з інтернет-ресурсу <https://wikigrib.ru/>), *P. squarrosa* (В) (<https://mycology.su/>), *P. subochracea* (С) (<http://www.huntsearch.ru/>)

8–10 мм від краю активного росту колонії на ГПДА та поміщали в колби з середовищем ГПД (200 мл). Міцелій інкубували за температури $26 \pm 0,1^\circ\text{C}$ протягом 21 доби в термостаті ТСО-1/80 СПУ (Україна).

Культуральну рідину відокремлювали від міцеліальної біомаси фільтруванням через капроновий фільтр. До 400 мл культуральної рідини, отриманої в результаті об'єднання декількох колб, додавали 200 мл етилацетату (у співвідношенні 2:1) та інкубували в темряві за температури $5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ протягом доби. Верхню етилацетатну фракцію відділяли за допомогою дилінійної воронки, після чого випарювали за допомогою вакуумного випарювача за $40 \pm 0,1^\circ\text{C}$, сухий залишок (100 мг) розчиняли в 5 мл метанолу. Метанольний екстракт сухого залишку зберігали за температури $5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ для подальшого дослідження [30].

Біомасу промивали дистильованою водою і сушили за температури $60 \pm 0,1^\circ\text{C}$ у сушильній шафі Lab Expert 3050 MC (Росія) та подрібнювали до порошкоподібного стану. До грибної біомаси (1,0 г) додавали 3 мл метилового спирту. Екстракцію здійснювали упродовж 7 дб за температури $26 \pm 0,1^\circ\text{C}$ з подальшим центрифугуванням, прозорий супернатант для аналізу зберігали за $5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ [31].

Дослідження антиоксидантних властивостей екстрактів культуральної рідини та міцелію виконували з використанням DPPH [32].

Визначення активності досліджуваних екстрактів зі знешкодження вільних радикалів DPPH виконували методом *Elfahri et al.* [33]. 800 мкл розчину DPPH (0,1 мМ DPPH, розчинений у 95% метиловому спирті) додавали до 200 мкл метанольного екстракту культуральної рідини або метанольного екстракту міцелію в скляних пробірках. Зразки енергійно струшували та інкубували в темряві за кімнатної температури протягом 30 хв. Абсолютний метиловий спирт використовували як контроль. Поглинання зразків вимірювали за довжини хвилі 517 нм на спектрофотометрі SF 46 LOMO. Величину активності досліджуваних екстрактів з видалення вільних радикалів $S(\%)$ визначали за формулою:

$$S(\%) = \left(\frac{P_c - P_s}{P_c} \right) \times 100,$$

де S – величина активності з видалення вільних радикалів;

P_c – показник абсорбції контрольної реакції;

P_s – показник абсорбції досліджуваного зразка [32].

Для отримання достовірних результатів дослідження експеримент повторювали п'ять разів.

Кількісні результати, отримані під час порівняльного вивчення видів та штамів у всіх проведених експериментах, оброблено статистичними методами аналізу та обчислено значення середніх квадратичних відхилень, коефіцієнтів варіації і довірчих інтервалів за допомогою пакетів Microsoft Office Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) та StatSoft Statistica.

■ Результати та їх обговорення

Результати дослідження екстрактів культуральної рідини й біомаси вегетативного міцелію свідчать про певний рівень антиоксидантної активності (рисунок 3). Порівнюючи отримані дані, можемо зробити висновок про значно вищу ефективність антиоксидантної дії метанольних екстрактів біомаси – показники варіювали від $65,98 \pm 0,98\%$ (*P. nameko*) до $83,6 \pm 1,4\%$ (*P. alnicola*), ніж екстрактів культуральної рідини. Варто зазначити, що показники очищення від вільних радикалів для екстрактів культуральної рідини та біомаси не корелювали між собою. Так, для екстрактів культуральної рідини максимальні значення було зафіксовано у випадку *P. limonella* ($38,3 \pm 1,14\%$), а мінімальні – *P. subochracea* ($7,37 \pm 0,46\%$).

Показники антиоксидантної активності отриманих екстрактів представників роду *Pholiota* з видалення вільних радикалів DPPH наведено на рисунку 3.

Отримані нами результати достатньо високої ефективності метанольних екстрактів біомаси ($65,98 \pm 0,98\%$) штамів *P. nameko* підтверджують літературні дані про високу ефективність метанольних екстрактів плодових тіл грибів цього виду [23].

Антиоксидантна активність екстрактів біомаси штамів *P. adiposa* була більше ніж удвічі вища, ніж активність екстрактів культуральної рідини ($82,37 \pm 1,54\%$ та $37,3 \pm 0,5\%$ відповідно), а для штамів *P. subochracea*, *P. squarrosa*, *P. alnicola*, *P. aurivella* спостерігали ще більшу різницю між активністю екстрактів біомаси та культуральної рідини. Із цим, за даними літератури, для водних екстрактів плодових тіл *P. adiposa* фіксували значення антиоксидантної активності $57,57\%$ [34].

Варто зауважити, що антиоксидантні властивості вивчали не лише на прикладах екстрактів. За дослідження полісахаридів вегетативного міцелію *P. adiposa* показники становили $75,20 \pm 6,73\%$ [10], а компонент НЕВ, виділений з плодових тіл *P. adiposa*, виявив $85,6\%$

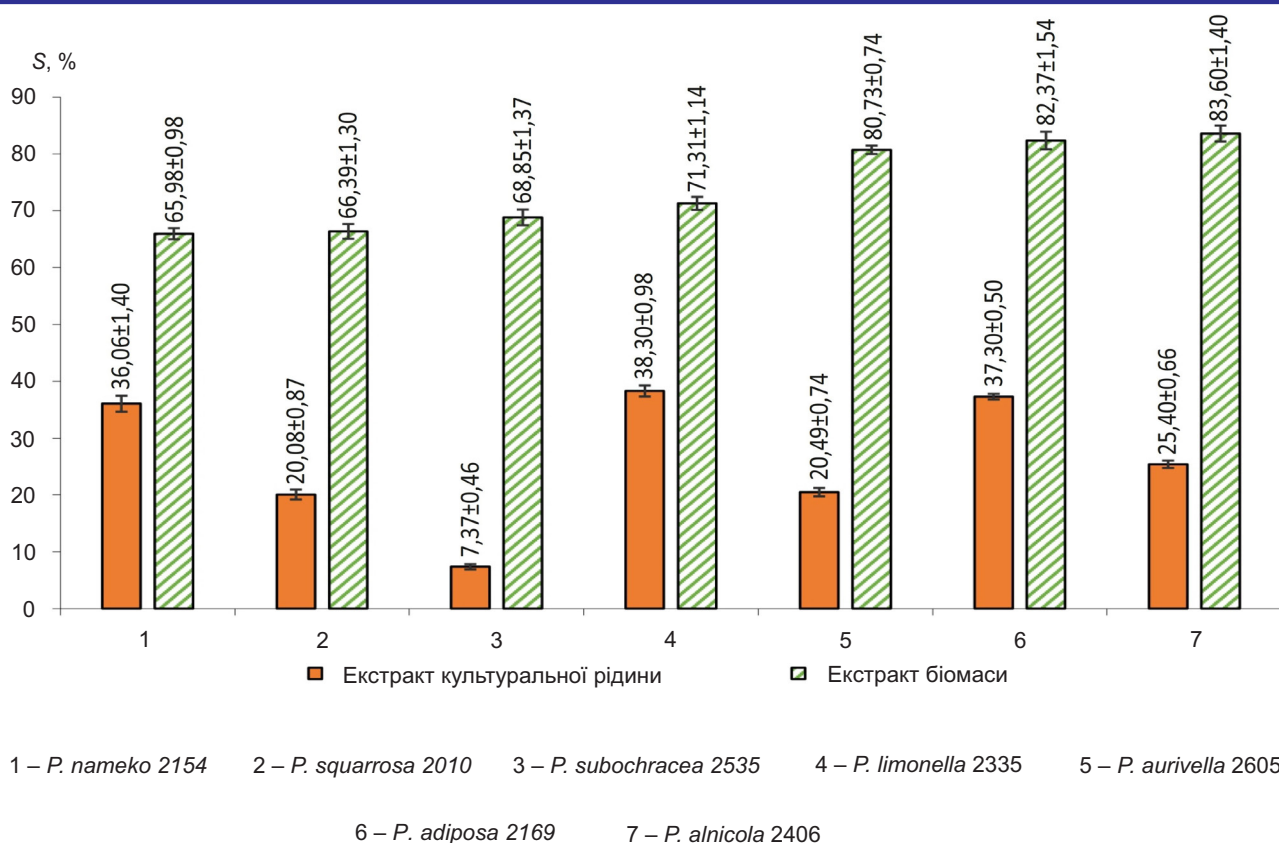


Рисунок 3. Антиоксидантна активність екстрактів культуральної рідини та вегетативного міцелію штамів видів роду *Pholiota*
Примітка: Наведено середні статистично достовірні дані за 95% ймовірності.

ефективність [5]. Експерименти Gong *et al.* свідчать про те, що *P. adiposa* та виділені з нього полісахариди можуть знешкоджувати радикали *in vitro* [35].

Наведені факти свідчать про те, що екстракти біомаси та культуральної рідини представників роду *Pholiota* можуть бути використані як природний антиоксидант, але його фармакодинаміка та механізм дії потребує подальшого вивчення.

■ Висновки

За результатами проведених досліджень уперше визначено величину та межі варіювання

антиоксидантної активності екстрактів біомаси та культуральної рідини штамів лікарських макроміцетів *P. adiposa*, *P. alnicola*, *P. aurivella*, *P. limonella*, *P. nameko*, *P. squarrosa*, *P. subochracea*. Виявлено значно вищу ефективність антиоксидантної дії метанольних екстрактів біомаси – показники варіювали від $65,98 \pm 0,98\%$ (*P. nameko*) до $83,6 \pm 1,4\%$ (*P. alnicola*), ніж екстрактів культуральної рідини – показники варіювали від $38,3 \pm 1,14\%$ (*P. limonella*) до $7,37 \pm 0,46\%$ (*P. subochracea*).

Варто зазначити, що показники очищення від вільних радикалів для екстрактів культуральної рідини та біомаси досліджених штамів не корелювали між собою.

■ References

- Pegler, D. N. Useful fungi of the world: the Shii-take, Shimeji, Enoki-take, and Nameko mushrooms. *Mycologist* **2003**, *17* (1), 3–5. <https://doi.org/10.1017/S0269915X03001071>.
- Gizaw, B. Cultivation and yield performance of *Pholiota nameko* on different agro industrial wastes. *Academia Journal of Food Research* **2015**, *3* (3), 32–42.
- Dulger, B. Antimicrobial activity of the macrofungus *Pholiota adiposa*. *Fitoterapia* **2004**, *75* (3), 395–397. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.01.005>.
- Nowacka, N.; Nowak, R.; Drozd, M.; Olech, M.; Los, R.; Malm, A. Analysis of phenolic constituents, antiradical and antimicrobial activity of edible mushrooms growing wild in Poland. *LWT - Food Science and Technology* **2014**, *59* (2, Part 1), 689–694. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.041>.
- Wang, C. R.; Zhou, R.; Ng, T. B.; Wong, J. H.; Qiao, W. T.; Liu, F. First report on isolation of methyl gallate with antioxidant, anti-HIV-1 and HIV-1 enzyme inhibitory activities from a mushroom (*Pholiota adiposa*). *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **2014**, *37* (2), 626–637. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.01.023>.
- Chou, C.-H.; Sung, T.-J.; Hu, Y.-N.; Lu, H.-Y.; Yang, L.-C.; Cheng, K.-C.; Lai, P.-S.; Hsieh, C.-W. Chemical analysis, moisture-preserving, and antioxidant activities of polysaccharides from *Pholiota nameko* by fractional precipitation. *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *131*, 1021–1031. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.154>.
- Zhu, D.; Guo, R.; Li, W.; Song, J.; Cheng, F. Improved Postharvest Preservation Effects of *Pholiota nameko* Mushroom by Sodium Alginate-Based Edible Composite Coating. *Food and Bioprocess Technology* **2019**, *12* (4), 587–598. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-2235-5>.
- He, Y.; Wang, R.; Huang, B.; Dai, Q.; Lin, J. *Pholiotone A*, a new polyketide derivative from *Pholiota* sp. *Natural Product Research* **2020**, *34* (14), 1957–1961. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1569005>.
- Sung, T.-J.; Wang, Y.-Y.; Liu, K.-L.; Chou, C.-H.; Lai, P.-S.; Hsieh, C.-W. *Pholiota nameko* Polysaccharides Promotes Cell Proliferation and Migration and Reduces ROS Content in H₂O₂-Induced L929 Cells. *Antioxidants* **2020**, *9* (1), 65. <https://doi.org/10.3390/antiox9010065>.
- Deng, P.; Zhang, G.; Zhou, B.; Lin, R.; Jia, L.; Fan, K.; Liu, X.; Wang, G.; Wang, L.; Zhang, J. Extraction and *in vitro* antioxidant activity of intracellular polysaccharide by *Pholiota adiposa* SX-02. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **2011**, *111* (1), 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.08.004>.
- Sun, Z.; Tian, Y.; Jia, M.; Pang, L.; Deng, P.; Fan, K.; Liu, X.; Jia, S.; Jia, L. Extraction and *in vitro* antioxidant activity of exopolysaccharide by *Pholiota adiposa* SX-01. *African Journal of Microbiology Research* **2012**, *6* (8), 1869–1876. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.012>.
- Liu, Y.; Sun, Y.; Huang, G. Preparation and antioxidant activities of important traditional plant polysaccharides. *Int. J. Biol. Macromol.* **2018**, *111*, 780–786. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.086>.
- Zhu, Z.-Y.; Pan, L.-C.; Han, D.; Sun, H.-q.; Chen, L.-J. Structural properties and antioxidant activities of polysaccharide from fruit bodies of *Pholiota nameko*. *Natural Product Research* **2019**, *33* (11), 1563–1569. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1423308>.
- Yu, S.; Jiang, J.; Li, W. Co-cultured *Lepista sordida* and *Pholiota nameko* polysaccharide-iron(III) chelates exhibit good antioxidant activity. *RSC Adv.* **2020**, *10* (46), 27259–27265. <https://doi.org/10.1039/D0RA03258A>.
- Zheng, L.; Ma, Y.; Zhang, Y.; Meng, Q.; Yang, J.; Wang, B.; Liu, Q.; Cai, L.; Gong, W.; Yang, Y.; Shi, J. Increased antioxidant activity and improved structural characterization of sulfuric acid-treated stepwise degraded polysaccharides from *Pholiota nameko* PN-01. *Int. J. Biol. Macromol.* **2021**, *166*, 1220–1229. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.004>.
- Gan, D.; Ma, L.; Jiang, C.; Wang, M.; Zeng, X. Medium optimization and potential hepatoprotective effect of mycelial polysaccharides from *Pholiota dinghuensis* Bi against carbon tetrachloride-induced acute liver injury in mice. *Food Chem. Toxicol.* **2012**, *50* (8), 2681–2688. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.003>.
- Zheng, L.; Zhai, G.; Zhang, J.; Wang, L.; Ma, Z.; Jia, M.; Jia, L. Antihyperlipidemic and hepatoprotective activities of mycelia zinc polysaccharide from *Pholiota nameko* SW-02. *Int. J. Biol. Macromol.* **2014**, *70*, 523–529. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.07.037>.
- Kawagishi, H.; Abe, Y.; Nagata, T.; Kimura, A.; Chiba, S. A Lectin from the Mushroom *Pholiota aurivella*. *Agricultural and Biological Chemistry* **1991**, *55* (10), 2485–2489. <https://doi.org/10.1080/00021369.1991.10871000>.
- Clericuzio, M.; Piovano, M.; Chamy, M. C.; Garbarino, J. A.; Milanesio, M.; Viterbo, D.; Vidari, G.; Finzi, P. V. Structural characterisation of metabolites from *Pholiota spumosa* (Basidiomycetes). *Croatica Chemica Acta* **2004**, *77* (4), 605–611. <https://hrcak.srce.hr/102987>.
- Minato, K.; Kasahara, S. Immunomodulating action of edible mushrooms, *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* and *Pholiota nameko*. *Congress Handbook & Abstracts Book 1*, 8th International Mycological Congress, Cairns, Australia, 21–25 August, 2006; p. 219.

21. Minato, K.-I., Mushrooms: Immunomodulating Activity and Role in Health Promotion. In *Dietary Components and Immune Function*, Watson, R. R.; Zibadi, S.; Preedy, V. R., Eds. Humana Press: Totowa, NJ, 2010; pp 529–539. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-061-8_28.
22. *Medicinal Mushrooms: Recent Progress in Research and Development*; Agrawal, D. C.; Dharsekaran, M., Eds.; Springer Nature Singapore Pte Ltd: Singapore, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6382-5>.
23. Nguyen, T. K.; Shin, D. B.; Lee, S. M.; Im, K. H.; Lee, T. S.; Lee, U. Y. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Methanol and Hot Water Extracts of *Pholiota nameko* Fruiting Bodies. *The Korean Journal of Mycology* **2013**, *41* (2), 97–103. <http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2013.41.2.97>.
24. Jo, S.-H.; Jin, G.; Yang, Y.; Jung, K.-J.; Yun, H.-S.; Yu, Y.; Park, K.-M. Physiological activity of *Pholiota nameko* sp. ethanol extract. *Journal of Mushroom* **2010**, *8* (4), 142–149.
25. Ji, H.; Zhang, L.; Zhang, H.; Li, G.; Yang, M. Antioxidant activities of extracts from *Pholiota nameko*. *Advanced Materials Research* **2012**, *343-344*, 457–462. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.343-344.457>.
26. Elmastas, M.; Isildak, O.; Turkekul, I.; Temur, N. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis* **2007**, *20* (3), 337–345. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.07.003>.
27. Pham-Huy, L. A.; He, H.; Pham-Huy, C. Free radicals, antioxidants in disease and health. *Int J Biomed Sci* **2008**, *4* (2), 89–96.
28. Qian, L.; Zhang, Y.; Liu, F. Purification and characterization of a ~43 kDa antioxidant protein with antitumor activity from *Pholiota nameko*. *J. Sci. Food Agric.* **2016**, *96* (3), 1044–1052. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7194>.
29. Bisko, N.; Lomberg, M.; Mykchaylova, O.; Mytropolska, N. *IBK Mushroom Culture Collection*. Version 1.4. The IBK Mushroom Culture Collection of the M. G. Kholodny Institute of Botany. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/dzdsqu> accessed via GBIF.org on 2021-12-12.
30. Dyakov, M. Y.; Kamzolkina, O. V.; Shtaer, O. V.; Bis'ko, N. A.; Poedinok, N. L.; Mikhailova, O. B.; Tikhonova, O. V.; Tolstikhina, T. E.; Vasil'eva, B. F.; Efremenkova, O. V. Morphological characteristics of natural strains of certain species of basidiomycetes and biological analysis of antimicrobial activity under submerged cultural conditions. *Microbiology* **2011**, *80* (2), 274. <https://doi.org/10.1134/S0026261711020044>.
31. Ebrahimzadeh, M. A.; Khalili, M.; Dehpour, A. A. Ethyl acetate and methanolic extracts from three algae and their potential antioxidant activity *in vitro* [Ekstrakty etilacetata i metanola iz trekh morskikh vodoroslei i ih potentsial'naya antioksidantnaya aktivnost' *in vitro*, *in Russian*], *Algologia* **2019**, *29* (1), 30–39. <https://doi.org/10.15407/alg29.01.030>.
32. Ayyash, M.; Johnson, S. K.; Liu, S.-Q.; Mesmari, N.; Dahmani, S.; Al Dhaheri, A. S.; Kizhakkayil, J. *In vitro* investigation of bioactivities of solid-state fermented lupin, quinoa and wheat using *Lactobacillus* spp. *Food Chem.* **2019**, *275*, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.031>.
33. Elfahri, K. R.; Vasiljevic, T.; Yeager, T.; Donkor, O. N. Anti-colon cancer and antioxidant activities of bovine skim milk fermented by selected *Lactobacillus helveticus* strains. *J. Dairy Sci.* **2016**, *99* (1), 31–40. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10160>.
34. Kim, J.-H. Physiological activities of water extract and solvent fractions of an edible mushroom, *Pholiota adiposa*. *The Korean Journal of Mycology* **2014**, *42* (3), 207–212. <https://doi.org/10.4489/KJM.2014.42.3.207>.
35. Gong, C. Y.; Hu, Q. X.; Ji, Y. M. Antioxidation Study of *Pholiota adiposa* (Fr.) Quel and its Polysaccharides. *Advanced Materials Research* **2012**, *345*, 195–200. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.345.195>.

Authors information:

Liubov V. Regeda, Postgraduate Student of the Department of Mycology, M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-3272-480X>.

Nina A. Bisko (*corresponding author*), D.Sc. in Biology, Professor, Leading Researcher of the Department of Mycology, M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine; <https://orcid.org/0000-0003-1894-0896>; e-mail for correspondence: bisko_nina@ukr.net; tel. +380 97 1810005.

Nina V. Gurinovich, Leading Engineer of the Group of Practical Informatics, M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine.