



Розділ I. Ботаніка

УДК 57.084

DOI: <https://doi.org/10.29038/NCBio.23.2-2>

Макроміцети Національного природного парку «Гуцульщина» та їх антибактеріальні властивості

Марія Пасайлюк¹, Леся Пліхтяк²

¹Національний природний парк «Гуцульщина», Україна;

²Косівський фаховий коледж прикладного та декоративного мистецтва

Адреса для листування: mariia.pasailiuk@gmail.com

Отримано: 15.08.23; прийнято до друку: 12.12.23; опубліковано: 30.12.23

Резюме. Досліджено методом дискодифузії здатність етанолових екстрактів 20 видів макроміцетів інгібувати ріст бактеріальних культур та їх вплив на показники супероксиддисмутазної та каталазної активностей відносно трьох видів тестових культур мікроорганізмів. Найвищі показники затримки росту бактерій продемонстрували екстракти *Cantharellus cibarius*, *Grifola frondosa*, *Laetiporus sulphureus*, *Leccinum scabrum*, *Mycena leptocephala*, *Russula rosea*, *Strobilomyces strobilaceus*. Здатність протидіяти бактеріям є видоспецифічною ознакою та не залежить від трофічної приуроченості макроміцетів, це ж стосується і їх здатності пригнічувати каталазну активність мікроорганізмів. Екстракти макроміцетів, що провокували інгібування росту культур, зумовлювали зміни СОД активності досліджуваних бактерій.

Ключові слова: Ксилотрофи, мікоризозалежні гриби, гумусові сапротрофи, антибактеріальна активність, каталазна та супероксиддисмутазна активність.

Macromycetes of «Hutsulshtyna» National natural park and their antibacterial properties

Mariia Pasailiuk¹, Lesia Plikhtiak²

¹Hutsulshchyna National Nature Park, Ukraine

²Kosiv Professional College of Applied and Decorative Arts

Correspondence: mariia.pasailiuk@gmail.com

Abstract. The ability of ethanol extracts of 20 species of macromycetes to inhibit the growth of bacterial cultures was studied. Their influence on indicators of superoxide dismutase and catalase activities in relation to three types of test cultures of microorganisms was established. Extracts of *Cantharellus cibarius*, *Grifola frondosa*, *Laetiporus sulphureus*, *Leccinum scabrum*, *Mycena leptocephala*, *Russula rosea*, *Strobilomyces strobilaceus* showed the largest diameters of growth retardation of microorganisms of test cultures. The ability to counteract bacteria is a species-specific feature and does not depend on the trophic timing of macromycetes, the same applies to the ability to suppress the catalase activity of microorganisms. Extracts of macromycetes, which provoked inhibition of the growth of cultures, led to changes in the SOD activity of the studied bacteria: during incubation of *M. luteus* culture with mushroom extracts, which showed an inhibitory effect on the growth of microorganisms with a diameter of 8–12 mm, superoxide dismutase activity increased 2–3 times, during incubation of *M. luteus* bacteria with extracts that inhibited growth with a diameter greater than 12 mm, the enzymatic activity increased 8–10 times. The SOD activity of *B. spizizeni* increased by 40–80 % at the 24th hour of the experiment with extracts, the use of which is accompanied by the formation of a 10 mm zone of growth inhibition, but already after 48 hours of the experiment, the indicators of the SOD activity of *B. spizizeni* decreased to the control values. SOD activity of *E. coli* increased on the 24th hour of the experiment by 1.4–1.6 times

relative to the control values, even with the use of extracts that provoked inhibition of the growth of cultures with a diameter of 8 mm and remained high on the 48th hour of the experiment (in 1,2–1,3 times).

Key words: Xylotrophs, mycorrhizal fungi, humus saprotrophs, bactericidal activity, catalase and superoxidodismutase activity.

ВСТУП

Гриби – друга (після комах) за чисельністю видів група організмів на планеті [1]. Їх роль, безперечно, важко переоцінити, адже ці організми – редуценти, що трапляються на всіх континентах. На території НПП «Гуцульщина» станом на 1.01.2023 р. ідентифіковано понад 1200 видів грибів та грибоподібних організмів, які становлять важливу частину біорізноманіття парку. Серед знайдених видів – макроміцети, що належать до різних еколого-трофічних груп, різні за харчовою цінністю види, та екземпляри, плодові тіла яких тривалий час використовуються з лікувальною метою тощо. Власне фунготерапія, або лікування грибами, стає дедалі популярнішою серед місцевого населення. Це можливо завдяки тому, що багато грибів мають не лише цінні харчові, але й фармацевтичні властивості. Разом з тим цей натуральний арсенал засобів нетрадиційної медицини залишається малодослідженим на предмет верифікації його застосування. Частково це зумовлено науковими фармацевтичними успіхами, адже щороку реєструють сотні тисяч нових, невідомих природі сполук з терапевтичною дією. Проте, протягом останніх десятиріч значну увагу вчені приділяють сполукам органічної природи, оскільки вони не мають різноманітних побічних ефектів на організм [2].

Тому важливо володіти інформацією щодо доцільності використання плодових тіл різних видів грибів у вигляді спиртових екстрактів із лікувальним та антиконтамінаційним спрямуванням та визначити механізм такої потенційної дії. Тому метою роботи було дослідити здатність спиртових екстрактів плодових тіл макроміцетів різних еколого-трофічних груп, знайдених на території НПП «Гуцульщина», інгібувати ріст бактерій та вивчити їх вплив на показники системи антиоксидантного захисту (каталаза, супероксиддисмутаза активність) тестових культур мікроорганізмів *Micrococcus luteus* (Schroeter) Cohn ATCC 10240, *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers X-Blue, *Bacillus spizizenii* (Nakamura et al.) Dunlap et al. ATCC 6633.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В експерименті використані плодові тіла 20 видів базидієвих грибів, неушкоджені молоді карпофори яких були знайдені на території Національного природного парку «Гуцульщина» самостійно або ж, у випадку видів, що занесені до Червоної книги України, 2009 (с. 799, 801, 802, 804, 813, 817, 819, 825, 829 [3]), були викинуті попередніми групами грибників: гумусові сапротрофи (*Cantharellus cibarius* Fr., *Mycena leptcephala* (Pers.) Gillet, *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr., *Mutinus caninus* (Huds.) Fr., *Anthurus archeri* (Berk.) E. Fisch.)

мікоризозалежні (*Boletus edulis* Bull., *B. regius* Krombh., *Catathelasma imperiale* (Quél.) Singer, *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray, *Amanita rubescens* Pers., *Russula rosea* Pers., *Russula turci* Bres., *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk.), ксилотрофи (*Hericum coralloides* (Scop.) Pers., *H. alpestre* Pers., *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Piptoporus betulinus* (Bull.) P.Karst., *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Antrodia ramantaceae* (Berk. & Broome) Donk). Ідентифікацію грибів проводили за М. Я. Зеровою зі співавторами [4]. Зібрані зразки після ідентифікації висушували (38–45 °С) та подрібнювали до 0,3–0,5 мм. Для приготування настоянок користувалися співвідношенням 12 г сухого продукту/1 л готового продукту (доводили 38 % етиловим спиртом) та зберігали 2 тижні у темному, прохолодному місці, щоденно збовтуючи.

В експерименті використані штами *Escherichia coli* X-Blue, *Micrococcus luteus* ATCC 10240, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633. Антибактеріальні властивості екстрактів вивчали методом дифузії на чашках Петрі з МПА (Merk). 0,1 мл суспензії ($5 \cdot 10^4$ КУО/мл) *B. spizizenii*, *E. coli* та *M. luteus* розпоршували на агаризованому нутрієнтному середовищі (МПА), на яке ставили диски фільтрувального паперу діаметром 6 мм так, щоб вони не перекривались, не торкалися країв чашки Петрі, а відстань між ними була не меншою 25–30 мм один від одного. Диски завчасно були просочені екстрактами грибів (45 мкл) або 38 % спиртом (45 мкл). Композиції інкубували в термостаті при 30 °С. Зону інгібування росту тест-мікроорганізму визначали через 24 та 48 годин культивування. Середнє визначали з урахуванням 4 повторностей.

Для встановлення впливу екстрактів макроміцетів на каталазу та супероксиддисмутазу (СОД) активності бактерій вирощували в поживному середовищі МПБ при 37 °С без додавання (контроль)/ з додаванням (експеримент) спиртових настоянок відповідних макроміцетів (1 % за об'ємом) Каталазу/СОД активності бактерій визначали через 24 години спільного інкубування із екстрактами грибів або спиртом, а також у контрольному варіанті та через 48 годин. Принцип методу визначення каталазної активності ґрунтується на визначенні кількості пероксиду водню, що залишилася після дії на нього каталази. Результати оцінювали за ступенем гальмування утворення кінцевих продуктів пероксидів молибдату [5]. За одиницю каталазної активності приймали таку кількість препарату, яка розкладала 1 мкм H_2O_2 /хв на 1 мг білка.

Вимірювання супероксиддисмутазної активності (СОД) проводили по аутоокисненню адреналіну, що має поглинання в області 347 нм, утворення якого відбувається під час відсутності додаткових джерел генерації O_2^- і чутливий до СОД [6]. Фер-

ментативну активність в суспензії бактеріальних клітин виражали в ум.од./хв мгбілка.

Вміст білка визначали за Лоурі. Повторність дослідів у кожному випадку і для кожного зразка – 3–4. Статобробка виконана із застосуванням MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Проведені дослідження дозволили зафіксувати, що величина зони інгібування росту бактерій за дії спиртових екстрактів досліджених макроміцетів є величиною видоспецифічною та не залежить від

приналежності гриба до еколого-трофічної групи (табл. 1). Максимальні величини інгібування зони росту мінімум двох із трьох тестованих бактеріальних культур, були притаманні екстрактам грибів, для яких здавна відоме їх використання у фунготерапії: *C. cibarius*, *L. sulphureus*, *L. scabrum*, *G. frondose* а також для *R. rosea* і *M. leptcephala* та *S. strobilaceus* (табл. 1). Екстракти саме цих видів можна розглядати як такі, що володіють антибактеріальною дією, оскільки діаметр зони інгібування росту мікроорганізмів за їх використання дорівнював або перевищував 10 мм.

Таблиця 1

Бактерицидна спиртових екстрактів макроміцетів щодо тест-культур, n=4, M±m

Тест-культура	<i>E. coli</i> X-Blue		<i>M. luteus</i> ATCC 10240		<i>B. spizizeni</i> ATCC 6683	
	1	2	1	2	1	2
Доба експерименту	Діаметр зони інгібування росту культур, мм					
Вид	Діаметр зони інгібування росту культур, мм					
Гумусові сапротрофи						
<i>Cantharellus cibarius</i>	6	6	16±1,2	6	10±0,2	10±0,2
<i>Mycena leptcephala</i>	10±0,3	8±0,1	22±0,4	22±1,3	10±0,2	10±0,2
<i>Polyporus umbellatus</i>	8±0,2	8±0,1	6	6	8±0,1	8±0,1
<i>Mutinus caninus</i>	6	6	6	6	6	6
<i>Anthurus archeri</i>	6	6	6	6	10±0,2	8±0,1
Мікоризозалежні види						
<i>Boletus edulis</i>	8±0,1	6	6	6	8±0,1	8±0,2
<i>Catathelasma imperiale</i>	8±0,2	6	8±0,1	8±0,2	10±0,2	10±0,1
<i>Leccinum scabrum</i>	6	6	12±0,2	12±0,2	10±0,2	10±0,2
<i>Amanita rubescens</i>	8±0,1	6	10±0,1	10±0,2	8±0,1	8±0,1
<i>Russula rosea</i>	12±0,4	12±0,3	12±0,3	12±0,1	6	6
<i>Russula turci</i>	8±0,1	6	8±0,1	8±0,1	12±0,4	12±0,3
<i>Boletus regius</i>	8±0,2	8±0,1	8±0,1	8±0,1	12±0,3	12±0,2
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	10±0,2	6	8±0,1	8±0,1	10±0,1	10±0,2
Ксилотрофи						
<i>Hericium coralloides</i>	6	6	6	6	12±0,2	12±0,4
<i>Grifola frondosa</i>	10±0,2	6	12±0,3	10±0,3	8±0,1	8±0,1
<i>Laetiporus sulphureus</i>	8±0,1	8±0,1	6	6	12±0,3	12±0,4
<i>Piptoporus betulinus</i>	6	6	6	6	8±0,1	8±0,1
<i>Fomes fomentarius</i>	8±0,2	6	8±0,1	8±0,1	12±0,4	12±0,3
<i>Hericium alpestre</i>	8±0,1	6	6	6	12±0,2	*
<i>Antrodia ramantaceae</i>	8±0,1	6	6	6	10±0,1	10±0,2
Спирт (контроль)	6	6	6	6	6	6

Примітка: *– стимуляція росту.

Вивчення антибактеріальних властивостей екстрактів грибів активно проводиться для тих видів, які є популярними в традиційній медицині Східної Азії та на європейських ринках. Наприклад для *Ganoderma lucidum* Curtis) P. Karst. вивчені антибактеріальні властивості водних, етанолових, метанолових та ацетонових екстрактів відносно *E. coli*, *Staphylococcus aureus* subsp. Aureus Rosenbach, *Klebsiella pneumoniae* (Schroeter) Trevisan, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, *Salmonella enterica* subsp. enterica (ex Kauffmann and Edwards) Le Minor and Popoff serovar Typhimurium, *Pseudomonas aeruginosa*

(Schroeter) Migula [7]. Екстракт дихлорметану з *Suillus collitinus* (Fr.) Kuntze виявив активність відносно грампозитивних бактерій, зокрема *Staphylococcus epidermidis* (Winslow and Winslow) Evans, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, причому антибактеріальні властивості перевершили ефект стрептоміцину [8]. Екстракт *Huipholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm., сапротрофного отруйного гриба, виявляв помітну антибактеріальну активність відносно грампозитивних бактерій, таких як *Bacillus cereus* Frankland and Frankland, *B. subtilis* і *S. aureus* [9]. Turkoglu et al. [10] дослідили антибактеріальну

активність етанолових екстрактів *L. sulphureus* та виявили їх здатність інгібувати ріст *B. subtilis*, *V. cereus*, *M. luteus* та *Micrococcus flavus* Liu et al. Українськими вченими встановлені антимікробні властивості штамів *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *G. lucidum* відносно 14 тест культур мікроорганізмів [11].

Щодо механізмів антибактеріальної дії препаратів, то вони різняться, залежно від хімічної природи апробованої речовини і можуть як пригнічувати синтез білка і нуклеїнових кислот мікробної клітини, так і порушувати молекулярну організацію чи функції клітинних мембран, інгібувати синтез клітинної

стінки, провокувати денатурацію білків, порушення окисно-відновних процесів тощо [12].

Ми дослідили ензимну активність ферментів антиоксидантного захисту бактерій і виявили, що каталазна активність суспензій бактерій, інкубованих із спиртовими екстрактами, значно відхилялася від контрольних величин, а саме зростала в 1,8–2,2 рази у випадках, якщо зона інгібування росту бактерій не перевищувала 8–12 мм (табл. 2). Якщо діаметр зони інгібування росту бактерій при застосуванні екстрактів грибів становив понад 16 мм, то мало місце пригнічення каталазної активності відповідної тест-культури (відносно контролю).

Таблиця 2

Вплив етилових екстрактів макроміцетів - на каталазну активність (в мкмольх H_2O_2 /хв на 1 мг білка бактерій (для *E. coli*), в ммольх H_2O_2 /хв на 1 мг білка бактерій (для *B. spizizeni*, *M. luteus*), $M \pm m$, $n=3$

Тест-культура	<i>E. coli</i> X-Blue		<i>M. luteus</i> ATCC 10240		<i>B. spizizeni</i> ATCC 6683	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без етилового спирту та без грибного екстракту)	21,8±5,4 мкМ H_2O_2 /хв/1 мг білка	22,3±5,2 мкМ H_2O_2 / хв/1 мг білка	5,8±1,2 мМ H_2O_2 /хв/1 мг білка	6,2 ± 1,3 мМ H_2O_2 / хв/1 мг білка	7,53 ±1,8 мМ H_2O_2 / хв/1 мг білка	8,2 ±1,9 мМ H_2O_2 /хв/1 мг білка
Гумусові сапротрофи						
<i>Cantharellus ciharius</i>	22,8±6,1	23,7±7,4	2,0±0,9	22,4±2,3	14,1±1,9	8,2±1,1
<i>Muscena leptoccephala</i>	40,7±4,2	33,4±6,7	1,2±0,2	1,1±0,7	13,7±1,6	13,5±1,5
<i>Polyporus umbellatus</i>	38,1±4,0	33,2±3,8	5,6±0,1	5,8±0,2	11,8±1,2	12,0±1,1
<i>Mutinus caninus</i>	22,3±3,4	21,3±5,4	5,7±0,2	5,9±0,1	7,2±0,6	8,3±0,4
<i>Anthurus archeri</i>	22,7±5,6	20,9±5,4	5,5±0,8	5,4±0,7	13,1±1,2	9,8±0,8
Мікоризозалежні види						
<i>Boletus edulis</i>	35,4±3,3	27,3±2,2	6,5±0,4	6,7±0,8	12,4±1,18	9,9±1,4
<i>Catathelasma imperiale</i>	43,7±4,8	24,2±2,2	6,3±0,5	8,7±0,9	15,4±1,6	16,2±1,7
<i>Leccinum scabrum</i>	22,3±2,1	23,6±2,2	10,1±1,2	12,3±1,1	14,5±1,2	17,7±2,0
<i>Amanita rubescens</i>	37,4±3,2	26,7±2,2	7,7±0,9	7,9±1,1	9,2±1,2	14,2±1,3
<i>Russula rosea</i>	38,3±3,2	33,2±2,1	7,7±0,8	7,8±0,6	7,3±1,1	8,6±1,3
<i>Russula turci</i>	38,3±3,4	22,7±2,3	10,1±0,2	12,2±0,3	16,5±1,7	17,4±1,8
<i>Boletus regius</i>	35,6±3,8	36,7±3,9	8,8±0,7	8,9±0,8	17,0±1,4	18,2±1,9
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	38,7±3,4	26,8±2,9	5,8±0,2	6,3±0,3	14,0±1,4	13,2±1,2
Ксилотрофи						
<i>Hericium coralloides</i>	21,9±2,4	21,3±2,2	5,9±0,9	6,3±1,1	17,6±2,2	12,4±2,6
<i>Grifola frondosa</i>	29,5±3,1	24,5±2,5	15,6±1,8	14,0±2,1	12,0±1,6	10,1±1,3
<i>Laetiporus sulphureus</i>	26,6±3,0	24,4±2,7	5,9±2,0	6,7±2,2	14,5±1,6	15,0±1,8
<i>Piptoporus betulinus</i>	21,2±2,0	22,8±3,0	5,6±1,2	6,4±2,0	12,0±1,4	13,3±1,8
<i>Fomes fomentarius</i>	29,3±3,3	22,6±2,2	11,1±1,2	8,9±1,1	14,5±1,3	13,3±2,0
<i>Hericium alpestre</i>	26,6±2,5	25,8±2,8	5,8±0,7	6,6±0,9	16,7±1,9	7,8±0,9
<i>Antrodia ramantaceae</i>	27,2±2,5	25,0±2,3	6,1±0,8	6,7±0,9	13,3±1,5	14,0±1,2
Етиловий спирт (без грибного екстракту)	22,0±2,0	22,6±2,1	5,8±0,8	6,9±1,2	7,5±0,8	8,3±0,7

Можливо, додавання у культуральне середовище екстрактів окремих макроміцетів може супроводжуватися генерацією активних форм кисню (АФК), як це має місце при дії лікарських засобів, теплового шоку, хімічних агентів, тощо [13]. В свою чергу, підвищення вмісту АФК супроводжується зміною антиоксидантно-прооксидантної рівноваги у клітині, що повинно бути компенсоване або підвищенням активності ферментів антиоксидантного захисту, або збільшенням їх кількості, інакше призведе до загибелі клітини [14]. У випадку, якщо підвищення вмісту АФК не є летальним (а для *E.coli* це 5 мМ

концентрація H_2O_2 в середовищі), то, імовірно, має місце індукція каталазної активності.

У випадку додавання до суспензій бактерій спиртових екстрактів грибів, застосування яких не супроводжувалося формуванням вираженої зони інгібування росту бактерій *E. coli*, *M. luteus* (*Anthurus archeri*, *Mutinus caninus*, *Hericium coralloides*), достовірних змін каталазної активності не фіксували, як і не фіксували суттєвих відхилень у випадку застосування 38 % етанолу. Відомо, що протимікробна дія спирту, як антисептика аліфатичного ряду, полягає у тому, що він діє як водовідбірний агент і тому здатен

викликати денатурацію білків протоплазми мікроорганізмів. Однак, очевидно, вмісту внесеного в експерименті спирту (1 %) недостатньо для значних денатуративних змін чи інших впливів на каталазну активність, і тому показники активності цього ферменту залишалися на рівні контрольних величин.

Дані літератури засвідчують, що бактерії конститутивно синтезують ферменти антиоксидантного захисту, а також володіють механізмами адаптивної відповіді, завдяки яким попередня дія малих доз оксидантів викликає підвищену стійкість до наступної дії великих доз [15]. Ензимна активність мікроорганізмів істотно залежить від фази розвитку культури і може змінюватись впродовж росту бактерій. Найбільша активність ферментів, зазвичай, спостерігається у фазі експоненціального росту. Разом із тим показано, що пік активності каталази у різних мікроорганізмів може припадати на різні стадії розвитку культури. Так, у *B. subtilis* (Ehrenberg) Sohn пік активності каталази припадає на логарифмічну фазу росту, тоді як у *Streptomyces coelicolor* (Muller) Waksman and Henrici – на стаціонарну фазу. Пригнічення активності каталази, аж до її повного інгібування – ознака того, що, бактеріальні клітини можуть припинити свою життєдіяльність. У міру

старіння культури має місце тенденція до зниження активності ферменту [16]. В нашому експерименті вища каталазна активність тест-штамів бактерій (контрольні величини) припала на другу добу експерименту, що підтверджує думку залежності ензимної активності від доби культивування.

Отже, досліджуючи каталазну активність бактерій за дії спиртових екстрактів різних видів грибів ми, як і у випадку дослідження їх здатностей інгібувати бактеріальний ріст, не виявили певних трофічних закономірностей впливу на активність цього ферменту антиоксидантного захисту. При цьому, випробувані екстракти із антибактеріальною дією можна розглядати як такі, що зумовлюють не бактеріцидний, а бактеріостатичний ефект, оскільки вони пригнічують ріст бактерій, однак не припиняють їх життєдіяльність повністю.

Досліджуючи супероксиддисмутазну активність бактерій, вирощених із додаванням спиртових екстрактів грибів, було встановлено, що значні зміни цього показника відносно контрольних величин мали місце за умови, що діаметр зони інгібування росту мікроорганізмів становив не менше 8 мм (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив етилових екстрактів макроміцетів-на супероксиддисмутазну активність (в ум.од./хв·мг білка) M±m, n=3

Тест-культура	<i>E. coli</i> X-Blue		<i>M. luteus</i> ATCC 10240		<i>B. spizizeni</i> ATCC 6683	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без етилового спирту та без грибного екстракту)	23,1±2,24	24,7±2,31	6,06±0,64	8,13±0,76	38,10±5,03	39,09±4,08
Гумусові сапротрофи						
<i>Cantharellus cibarius</i>	24,27±2,18	26,28±2,19	84,32±8,43	64,25±6,73	58,54±4,34	39,27±3,13
<i>Mycena leptoccephala</i>	38,37±3,07	36,22±3,57	132,12±6,11	104,7±9,37	56,34±6,02	37,27±3,05
<i>Polyporus umbellatus</i>	31,22±2,16	30,56±3,08	7,88±0,82	9,31±0,45	44,12±3,96	37,74±3,22
<i>Mutinus caninus</i>	42,33±5,19	40,44±4,77	6,96±0,85	8,17±0,77	43,37±3,96	38,18±3,87
<i>Anthurus archeri</i>	24,24±1,88	21,67±1,94	6,26±0,45	7,41±0,89	65,25±6,93	41,22±3,08
Мікоризозалежні види						
<i>Boletus edulis</i>	33,24±4,08	29,89±2,72	6,65±1,74	8,34±0,19	45,16±5,45	39,78±4,08
<i>Catathelasma imperiale</i>	33,67±3,45	27,29±2,81	10,17±2,08	16,71±1,83	58,12±6,12	41,34±5,19
<i>Leccinum scabrum</i>	24,17±2,23	23,18±2,26	22,63±2,09	34,61±3,22	56,89±6,02	39,97±4,12
<i>Amanita rubescens</i>	31,22±4,06	30,37±3,81	18,21±1,91	25,23±2,51	43,33±5,23	39,12±5,12
<i>Russula rosea</i>	48,29±5,07	45,55±3,98	22,18±0,95	33,41±3,67	39,22±4,09	38,68±4,09
<i>Russula turci</i>	30,91±4,70	28,78±3,08	9,24±0,91	15,72±1,92	68,97±8,14	40,45±5,12
<i>Boletus regius</i>	31,11±3,12	29,78±2,18	9,17±0,78	16,56±1,78	70,78±7,31	40,76±5,13
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	41,06±4,08	40,78±4,04	11,23±1,17	16,92±1,78	45,56±4,67	37,68±4,13
Ксилотрофи						
<i>Hericium coralloides</i>	24,15±2,15	24,25±3,04	6,23±0,56	8,14±0,70	66,87±5,65	41,24±3,17
<i>Grifola frondosa</i>	41,88±4,19	39,78±4,04	26,18±2,77	35,02±4,97	48,17±4,34	38,22±3,22
<i>Laetiporus sulphureus</i>	31,89±3,22	34,07±3,72	6,73±0,77	7,76±0,81	65,21±7,13	37,38±3,13
<i>Piptoporus betulinus</i>	23,38±2,27	22,12±2,12	6,51±0,23	8,71±0,21	46,88±5,03	40,03±4,09
<i>Fomes fomentarius</i>	31,13±2,18	32,43±3,21	10,12±1,23	16,09±1,95	61,27±4,18	38,78±3,90
<i>Hericium alpestre</i>	31,65±3,15	32,27±4,22	6,12±0,45	8,45±0,17	65,24±6,54	29,31±3,11
<i>Antrodia ramantaceae</i>	34,35±4,85	33,18±3,81	6,27±0,5	8,13±0,27	56,21±5,21	39,19±4,78
Етиловий спирт (без грибного екстракту)	25,61±2,78	24,92±2,61	6,37±0,44	8,41±0,45	40,67±4,12	39,22±4,89

Так, супероксиддисмутазна активність *B. spizizeni* зростає на 40–80 % на 24-у годину експерименту з

екстрактами, застосування яких супроводжується формуванням 10 мм зони інгібування росту, але вже

через 48 годин експерименту показники СОД активності *B. spizizeni* знижуються до величин контролю.

Супероксиддисмутазна активність *E. coli* зростає на 24-у годину експерименту в 1,4–1,6 рази відносно контрольних величин навіть при застосуванні екстрактів, які провокували інгібування росту культур у 8 мм діаметром. Ферментативна активність цього ензиму антиоксидантного захисту залишається високою і на 48-у годину експерименту (в 1,2–1,3 рази).

Досліджуючи супероксиддисмутаазну активність *M. luteus* (контрольний варіант) виявили відносно низькі, порівняно з іншими тест-культурами, показники ензимної активності (табл. 3). Відомо, що СОД *M. luteus* є конститутивним ферментом, тому за відсутності стресових факторів ендогенна активність цього ензиму є доволі низькою – 6–8 ум.од. [17]. При інкубації культури бактерій із екстрактами грибів, що виявляли інгібуючий ефект на ріст мікроорганізмів діаметром 8–12 мм, підвищення супероксиддисмутаазної активності було порівняно не таким значним (в 2–3 рази) ніж при інкубації бактерій *M. luteus* із екстрактами, які демонстрували вищі показники інгібування росту в експерименті, в цьому випадку ферментативна активність зростала у 8–10 разів. Відсутність інгібуючого впливу екстракту на ріст *M. luteus* не супроводжувалося достовірними змінами СОД активності відносно контрольних величин.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що здатність інгібувати ріст мікроорганізмів для спиртових екстрактів грибів – гумусових сапротрофів (*Cantharellus cibarius*, *Mycena leptcephala*, *Polyporus umbellatus*, *Mutinus caninus*, *Anthurus archeri*) ксилотрофів (*Hericium coralloides*, *H. alpestre*, *Grifola frondosa*, *Laetiporus sulphureus*, *Piptoporus betulinus*, *Fomes fomentarius*, *Antrodia ramantaceae*) та мікоризозалежних грибів

ЛІТЕРАТУРА

1. Dai, Y.C., Cui, B.K., Si J., He, S.H. et al. – Dynamics of the worldwide number of fungi with emphasis on fungal diversity in China. *Mycology Progress*. 2015, 14(62), 1–9.
2. Kopylchuk, H., Voloshchuk, O., Pasailiuk, M. Comparison of total aminoacid compositions, total phenolic compounds, total flavonoid content, β -carotene content and hydroxylradical scavenging activity in four wild edible mushrooms. *Italian Journal of Mycology*, 2023, 52(1), 112–125.
3. Дідух Я. П. Червона книга України. Рослинний світ. К.: Глобал-консалтинг, 2009; с 799, 801, 802, 804, 813, 817, 819, 825, 829.
4. Зерова М. Я., Слін Ю. Я., Козьяков С. М. Гриби: істинні, умовно істинні, неістинні, отруйні. Київ: Урожай, 1979. 232 с.
5. Шалай Я.Р. Роль вільно радикальних процесів у антинеопластичній активності похідних тіазолу: дис. на здобуття д-ра філософії., Львів, 2019, 151 с.
6. Компанець І.В., Остапченко Л.І. Дослідження мембранних білків та ліпідів: Навчальний посібник (для студентів НЦЦ «Інститут біології»), 2013. 159 с.
7. Quereshi, S.; Pandey, A.K.; Sandhu, S.S. Evaluation of antibacterial activity of different *Ganoderma lucidum* extracts. *PJSR* 2010, 3, 9–13.
8. Sułkowska-Ziaja, K.; Trepa, M.; Olechowska-Jarząb, A.; Nowak, P.; Ziaja, M.; Kała, K.; Muszyńska, B. Natural Compounds of Fungal Origin with Antimicrobial Activity—Potential Cosmetics Applications. *Pharmaceuticals* 2023, 16, 1200. <https://doi.org/10.3390/ph16091200>
9. Barros, L., Venturini, B.A., Baptista, P., Estevinho, L.M., Ferreira, I.C.F.R. Chemical composition and biological properties of Portuguese wild mushrooms: A comprehensive study. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 3856–3862.

(*Boletus edulis*, *B. regius*, *Catathelasma imperiale*, *Leccinum scabrum*, *Amanita rubescens*, *Russula rosea*, *Russula turci*, *Strobilomyces strobilaceus*) є ознакою видоспецифічною і не залежать від трофічної приналежності грибів. Найвищі показники інгібування росту тест-культур продемонстрували етанолі екстракти *Cantharellus cibarius*, *Grifola frondosa*, *Laetiporus sulphureus*, *Leccinum scabrum*, *Mycena leptcephala*, *Russula rosea*, *Strobilomyces strobilaceus*.

Екстракти макроміцетів, що провокували інгібування росту культур, зумовлювали зміни СОД активності досліджуваних бактерій: при інкубації культури *M. luteus* із екстрактами грибів, що виявляли інгібуючий ефект на ріст мікроорганізмів діаметром 8–12 мм, супероксиддисмутазна активність зростала в 2–3 рази, при інкубації бактерій *M. luteus* із екстрактами, які зумовлювали інгібування росту діаметром більш ніж 12 мм, ферментативна активність зростала у 8–10 разів. СОД активність *B. spizizeni* підвищувалася на 40–80 % на 24-у годину експерименту з екстрактами, застосування яких супроводжується формуванням 10 мм зони інгібування росту, але вже через 48 годин експерименту показники СОД активності *B. spizizeni* знижувалися до величин контролю. СОД активність *E. coli* зростала на 24-у годину експерименту в 1,4 –1,6 рази відносно контрольних величин навіть при застосуванні екстрактів, які провокували інгібування росту культур у 8 мм діаметром і залишалася високою і на 48-у годину експерименту (в 1,2–1,3 рази).

Досліджуючи каталазу активність бактерій за дії екстрактів різних видів грибів ми не виявили певних трофічних закономірностей прояву активності цього ферменту.

Усі тестовані екстракти грибів можна розглядати як такі, що зумовлюють не бактерицидний, але бактеріостатичний ефект, оскільки вони пригнічують ріст бактерій, не вбиваючи їх.

10. Turkoglu, A., Duru, M.E., Mercan, N., Kivrak, I., Gezer, K. Antioxidant and antimicrobial activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Food Chem.* 2006, 101, 267–273.
11. Бисько Н.А., Бабицкая В.Г., Бухало А.С., Круподерова Т.А., Ломберг м.Л., Михайлова О.Б., Пучкова Т.А., Соломко Э.Ф., Щерба В.В. Биологические особенности лекарственных макроміцетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2. под ред. С.П. Вассера) Киев, 2012. – 459 с.
12. Kapoor, G., Saigal, S., Elongavan, A. Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2017 33(3):300-305. doi: 10.4103/joacr.JOACP_349_15.
13. Лушак В.І. Окислювальний стрес і механізми захисту від нього у бактерій. *Біохімія*. 2001. Т. 66. С. 592–609.
14. Колупаєв Ю.Є., Обозний О.І. Активні форми кисню і антиоксидантна система при перехресній адаптації рослин до дії абіотичних стресорів. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. Серія біологія. Вип. 3 (30). С. 18–31.
15. Imlay JA. The molecular mechanisms and physiological consequences of oxidative stress: lessons from a model bacterium. *Nat Rev Microbiol.* 2013 Jul;11(7):443–54. doi: 10.1038/nrmicro3032. Epub 2013 May 28. PMID: 23712352; PMCID: PMC4018742.
16. Фуртат І.М., Куниця Н.І. Вплив умов культивування на каталазу активність штаму *Corynebacterium ammoniagenes* УКМ Ас-732. *Наукові записки. Біологія та екологія*. 2010. Т. 106. С. 33–37.
17. Margino S., Martani E., MagdalenaM. Superoxide Dismutase of *Micrococcus* sp. S2 and its Involve in Paraquat Detoxification. *Indonesian Journal of Biotechnology*. 2007. Vol. 12, № 1. P. 973–979.