

УДК 582.284:582.282

DOI: 10.20535/1810-0546.2017.3.98191

Т.О. Зайченко^{1*}, Т.А. Круподьорова², В.Ю. Барштейн², Н.В. Дехтяренко¹¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна²ДУ “Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України”, Київ, Україна

АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ МАКРОМІЦЕТІВ

Background. The constant emergence of pathogen forms and their new species multi-resistant to existing drugs, and the frequent occurrence of side effects of these drugs cause need to find new antibiotic compounds, especially antibiotics of natural origin (from plants, fungi, mosses). Fungi are promising object of research because of production of various biologically active substances.

Objective. The aim of the paper is to analyze the results of research of antibacterial properties of various macromycetes representatives and determine prospects of their practical application.

Methods. The analysis and generalisation of information about objects and methods of macromycetes antibacterial activity research.

Results. Much attention is paid to Basidiomycetes among macromycetes, especially species of the genus *Agaricus*, *Ganoderma*, *Lentinus*, *Phellinus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Trametes*. In practice macromycetes are used both as fruiting bodies, biomass and culture liquid and as isolated antibiotic substances. Therefore, edible species of fungi are preferred (*Agaricus* sp., *Pleurotus* sp. and *Lentinus* sp.).

Conclusions. Considering the diversification of investigations dedicated to the search for antibacterial properties of fungi, obtained data on antibiotic activity are quite hard to generalize. Studying of antibacterial activity, action mechanisms is especially important and promising research direction of antibacterial compounds found in macromycetes for further implementation of antibiotics and/or components based on culture liquid, mycelium and fruiting bodies of fungi.

Keywords: antibacterial activity; macromycetes; biologically active substances.

Вступ

Лікування бактеріальних захворювань, незважаючи на значну кількість антибіотиків, насамперед синтетичного походження, викликає певні проблеми внаслідок постійного виникнення мультирезистентних до існуючих ліків форм збудників та їх нових видів, а також унаслідок частой появи побічних ефектів. Це викликає необхідність пошуку нових ефективних антибіотичних сполук. Альтернативою синтетичним препаратам можуть бути антибіотики природного походження (на основі рослин, грибів, мохів), які за своїм хімічним складом ближчі до організму людини, вони не відторгаються ним, мають більш м'яку дію, не викликають звикання, є менш токсичними.

Тому створення нових антибіотиків природного походження з мінімальними побічними ефектами є актуальним і важливим.

Відомо, що значна кількість представників царства Fungi, зокрема макроміцети, є потенційним джерелом біологічно активних сполук. Завдяки швидкому накопиченню біомаси та продукуванню різноманітних біологічно активних речовин гриби широко використовуються як продукти харчування та об'єкти мікробіологічної промисловості.

На сьогодні гриби широко досліджуються з метою виявлення їх антибактеріальної активності. Перспективними об'єктами досліджень вважають гриби з відділів Basidiomycetes та Ascomycetes. Антибіотичні властивості встановлено у 500 видів грибів із різних родин, найбільше продуцентів антибіотичних речовин у макроміцетів виявлено серед представників родин *Agaricaceae* [1, 2], *Clavariaceae* [1], *Fomitopsidaceae*, *Ganodermataceae* [2], *Hydnaceae* [1], *Hymenochaetaceae* [2], *Polyporaceae* [1, 2], *Telephoraceae* [1], *Tricholomataceae* [2].

Постановка задачі

Метою роботи є аналіз і узагальнення результатів досліджень антибактеріальних властивостей різних представників макроміцетів і перспектив практичного застосування метаболітів цих грибів.

Загальні відомості щодо антибактеріальних властивостей грибів

Відомо, що майже 40 % макроміцетів здатні синтезувати антибіотики (близько 60 типів цих сполук). Макроміцети продукують речовини з

* corresponding author: zaychenko.t@ukr.net

антибактеріальними властивостями, однак існує припущення, що вони поступаються антибіотикам мікробного походження за характером дії і активністю [1].

Перші роботи з вивчення антибіотичних властивостей макроміцетів почалися відразу після відкриття пеніциліну. Вже до 1965 р. у різних лабораторіях світу було перевірено близько 3 тис. видів цих грибів і визначено хімічну природу понад 40 антибіотиків. Підсумки подальших досліджень у цьому напрямі показали різну антибіотичну активність (легку, помірну, сильну або повністю відсутню) у дуже широкого кола різних макроміцетів. Більше 3 тис. їх видів на сьогодні вивчаються з метою визначення їх антибактеріальної дії, при цьому об'єктами досліджень є як плодові тіла грибів і міцелій, так і культуральна рідина.

Більшість антибіотиків, виділених із макроміцетів, проявляють не тільки антибактеріальну, але й протигрибкову активність. Хімічна структура цих речовин варіює. Антибіотичний характер дії макроміцетів часто зумовлений наявністю низькомолекулярних сполук зі структурою різного типу. Ці низькомолекулярні сполуки є в основному вторинними метаболітами, такими як сесквітерпени та інші терпени, стероїди, антрахінони і похідні бензойної кислоти, а також похідні хіноліну; рідше – первинними метаболітами (шавлева кислота) [1, 3].

За останні 10 років було відкрито й ідентифіковано ще цілу низку нових антибіотичних речовин, зокрема з афілофоральних грибів. У цьому плані особливий інтерес становлять речовини з активністю проти мультирезистентних штамів патогенних бактерій. Це, наприклад, сесквітерпенові гідрохінони, названі ганоміцинами А і В, ізольовані з *Ganoderma pfeifferi* [4]. Найбільш відомі антибіотики: лензитин, ізольований із *Lenzites septaria*, плейротин (із *Pleurotus griseus*) і псалліотин (отриманий із *Psalliota xantoderma*).

Таким чином, гриби мають великий потенціал для отримання корисних біологічно активних метаболітів, здатних проявляти антибактеріальну дію [1].

Антибактеріальна активність окремих представників базидіомицетів і аскомицетів

Дослідження антибактеріальної дії грибів є досить диверсифікованим процесом, оскільки дослідники використовують різні методики та різні об'єкти досліджень (плодові тіла, міцелій, культуральна рідина, а також екстракти цих матеріалів).

Загалом антибактеріальна дія грибів, особливо в разі проведення скринінгу, досліджується за допомогою широко вживаного методу дифузії в агар (за допомогою паперових дисків, методом лунок, агарових блоків тощо). При цьому враховується діаметр зон інгібування росту тест-культур мікроорганізмів.

Найкраще вивчена антибактеріальна активність грибів відносно тест-бактерій: грам-позитивних – представників родин *Bacillaceae* (*Bacillus cereus*, *B. megaterium*, *B. mycoides*, *B. pumilus*, *B. subtilis*), *Staphylococcaceae* (*Staphylococcus aureus*, *S. epidermis*, *S. faecalis*), та грам-негативних – родина *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumonia*, *Salmonella enterica*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *S. typhisuis*, *Shigella flexneri*, *Yersinia enterocolis*) [2].

Першим кроком, спрямованим на відбір перспективних продуцентів антибактеріальних речовин, є проведення скринінгу грибів із різних систематичних та екологічних груп. Географія досліджень, пов'язаних з антибактеріальною активністю грибів, досить широка: Японія, Індія, Корея, Австралія, Росія, Португалія, Туреччина, Бразилія, Болгарія, Україна тощо [5–17]. Слід відзначити, що найчастіше вивчалися види грибів та їх штами, характерні для тих країн, де проводились дослідження.

Керуючись результатами проведених скринінгів або літературними даними, більшість науковців зосереджують увагу на окремих видах грибів. Значний інтерес учених викликає дослідження антибактеріальної активності *Agaricus* sp., *Pleurotus* sp., *Lentinus* sp., *Ganoderma* sp., *Trametes* sp., *Pollyporales* sp. Вивчається спектр антибактеріальної дії, рівень її активності, а також речовини, що її обумовлюють.

Перспективними продуцентами антибіотичних сполук є їстівні гриби. Екстракт *Agaricus bisporus* здатний обмежувати ріст грам-позитивних і грам-негативних бактерій родів *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* [1, 3]. Також було виявлено, з використанням методу лунок в агарі, що метанольні екстракти з плодівих тіл *A. bisporus* здатні пригнічувати ріст *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *S. flexneri*, *Shigella dysenteriae*, *B. cereus*, *S. typhimurium* і *Listeria monocytogenes*. Метанольні екстракти розчинялись у диметилсульфоксиді в різних концентраціях (100, 200 і 300 мг/мл). Найвища антибактеріальна активність спостерігалась у найбільш концентрованого зразка, який містив 300 мг/мл екстракту. Діаметри зон інгібування росту тест-бактерій коливались у межах 6–12 мм.

Меншу активність проявив екстракт із концентрацією 200 мг/мл (5–11 мм). Екстракт із концентрацією 100 мг/мл пригнічував ріст бактерій у межах зон 4–9 мм і не виявив активності відносно *Sh. dysenterae*. Антибактеріальна дія екстрактів гриба *A. bisporus* зумовлена наявністю біологічно активних речовин, зокрема катехіну, який проявляє антимікробні, антиоксидантні, протипухлинні й антиалергенні властивості [18].

Інші види грибів також проявляють антибактеріальну активність. Дію екстрактів плодових тіл *Agaricus heterocystis* було досліджено методом лунок у агарі відносно *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *Micrococcus luteus*, *B. subtilis*. Екстракцію проводили гексаном, хлороформом, етилацетатом, метанолом і водою. Грибні екстракти розчиняли в диметилсульфоксиді у концентрації 50 мг/мл. За зонами інгібування росту тест-культур було визначено, що метанольний екстракт проявив найвищу активність (7–18 мм). Менша активність була виявлена у водного й етилацетатного екстрактів (2–14 мм). Екстракти, отримані за допомогою гексану та хлороформу, майже не пригнічували ріст тест-культур (2–7 мм) або зовсім не проявляли антибактеріальної активності [19].

Представники роду *Pleurotus* також характеризуються здатністю до синтезу антибактеріальних сполук. Такий антибіотик, як плевромутилін, може бути отриманий із *Pleurotus mutilus* і *Pleurotus passeckerianus* [20]. Із *Pleurotus sajor-caju* було виділено рибонуклеазу з антибіотичними властивостями [21].

Види *Pleurotus eryngii* (*P. eryngii* var. *eryngii*, *P. eryngii* var. *ferulae*, *P. eryngii* var. *elaeselinii*) та *Pleurotus nebrodensis* були протестовані, у вигляді кислотних екстрактів білків плодових тіл, на наявність антибактеріальної активності. Дослідження проводили методом серійних розведень (у межах концентрацій білків від 25 до 0,025 %). Активність проявилася відносно всіх тест-культур (*S. aureus*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *E. coli*). *P. eryngii* var. *eryngii* проявив антибактеріальні властивості лише за максимальної концентрації білка в екстракті (25 %). Екстракти інших досліджуваних штамів грибів проявили вищу біологічну активність і мали мінімальну пригнічувальну концентрацію від 0,025 до 0,1 % [22].

Антибактеріальну активність проявляють екзополісахариди *Pleurotus pulmonarius*. Методом лунок в агарі було досліджено дію 25 %-ного розчину полісахаридів відносно *Proteus mirabilis*, *P. aeruginosa*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *E. coli*, *Shigella* sp. та *Klebsiella pneumoniae*. Низька антибактеріальна активність проявлялася відносно *E. coli* та

Shigella sp. (7–10 мм), більш інтенсивна дія – відносно *P. mirabilis*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *K. pneumoniae* (зони інгібування 20–30 мм) [23].

Базиціальний гриб *L. edodes* (шиїтаке) характеризується широким спектром дії відносно грампозитивних і грамнегативних бактерій [4]. Зокрема, проводилося дослідження впливу культуральної рідини *L. edodes* і *L. boryana* щодо таких еталонних тест-культур: *B. cereus* ATCC 11778, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. faecalis* ATCC 19433, *S. epidermidis* ATCC 12228, *S. aureus* ATCC 25923, *Streptococcus mutans* CCT 3440, *Str. sobrinus* ATCC 27607, *E. coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *S. typhimurium* ATCC 14028. Гриби були культивовані поверхневим способом на середовищі із соєвого пептону та солодового екстракту. Дослідження проводилося методом циліндрів (металічні циліндри вставлялись у попередньо засіяне щільне живильне середовище і наповнювалися фільтратом культуральної рідини). Досліджувані гриби проявили антибактеріальну активність лише відносно деяких грампозитивних мікроорганізмів. Культуральна рідина *L. boryana* пригнічувала ріст *B. cereus* і *S. aureus* у межах 10–20 мм. *L. edodes* проявив подібну активність щодо *B. cereus* і *Str. mutans* (10–20 мм) та майже повністю пригнічував ріст *S. aureus* (20–30 мм). Протягом дослідження також було відзначено низьку швидкість росту *L. edodes* і його схильність до малого накопичення біомаси [24].

Знайдені в шиїтаке речовини – лентинан, різні лігнани, лігніни тощо – відкрили нову сторінку в терапії інфекційних захворювань. Хімічний склад *L. edodes* представлений полісахаридами, зокрема лентинаном, протеїнами, вітамінами. Фармакологічну дію зумовлює лентинан, який являє собою β -(1 \rightarrow 3)-D-глюкан, що має розгалуження в положенні β -(1 \rightarrow 6). Молекулярна маса сполуки становить у середньому 500 кДа. Шиїтаке містить також шавлеву кислоту, яка проявляє антибактеріальну активність.

Протизапальна дія екстракту *L. edodes* реалізується завдяки вивільненню простагландину зі стінок макрофагів і здатності підвищувати продукцію інтерферону в лейкоцитах людини. При використанні шиїтаке у комплексі з антибіотичними засобами можливості лікування значно зросли: стало можливим проведення лікування захворювань, які викликані стійкими до антибіотиків видами бактерій (коковою флорою, клебсіеллою, туберкульозом, лістеріозом, мікоплазмозом, ешеріхіозом тощо).

Крім антибактеріальної активності, *L. edodes* характеризується протипухлинними, гепато-

протекторними, противірусними та імуномодульвальними властивостями, що дає можливість широко застосовувати шийтаке з лікувальною метою [1].

Представники роду *Ganoderma* є перспективними для проведення досліджень антибіотичної дії з огляду на їх властивості (а саме на наявність антибактеріальних сполук) [3].

З гриба було виділено лізоцим і кислу протеазу, які мають протизапальну й антибактеріальну дію [1]. Такі антибактеріальні сполуки, як ганоміцин А та В, що за своєю природою є фарнезилгідрохінонами, було ізольовано з *Ganoderma pfeifferi* [25]. Також у складі *Ganoderma praelongum* було виявлено секвітерпеноїди і їх дію вивчено відносно клінічно виділених метицилін-резистентних штамів *S. aureus*. Дослідження проводилося методом агарових лунок (діаметр лунок 7 мм). Секвітерпеноїди екстрагували з плодових тіл гриба та з міцелію й використовували у дослідженні в концентрації 30 мг/мл. Екстракти плодових тіл проявили вищу антибактеріальну активність (18–36 мм), аніж екстракти міцелію (7–15 мм) [26].

Проводилося дослідження щодо виявлення антибактеріальної активності 13 штамів *G. lucidum* і 27 штамів *Ganoderma applanatum* щодо трьох грам-позитивних штамів бактерій: *S. aureus* INA 00761 (MRSA – methicillin resistant *S. aureus*), *S. aureus* INA 00762 (MSSA – methicillin sensitive *S. aureus*), *B. subtilis* ATCC 6633. Гриби культивувалися глибинним способом на глюкозо-пептонно-дріжджовому середовищі. Для дослідження використовували зразки культуральної рідини з дрібнодисперсною біомасою та екстракти зразків (як екстрагенти було застосовано етилацетат і метанол). Антибактеріальну активність вивчали методом паперових дисків. Наявність активності встановлено для зразків 6 штамів *G. applanatum* і 8 штамів *G. lucidum*. Лише штами *G. applanatum* 1552, *G. lucidum* 1908 (на 14-ту добу культивування) та штама *G. lucidum* 1905 (на 21-шу добу культивування) проявили активність відносно всіх тест-культур (зони інгібування 9–16 мм) [7].

Увагу привертають види, характерні для України. Одним із найбільш поширених видів є *Fomitopsis officinalis*. Виділено штама цього базидіального гриба (*Fomitopsis officinalis* ККБГ 24) і досліджено його вплив на такі бактерії, як *Yersinia pseudotuberculosis*, *E. coli*, *Pseudomonas putida*, *Ps. fluorescens*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salm. typhimurium*. Дослідження проводили методом агарових блоків (діаметр блока 5 мм). Антибактеріальна активність спостерігалась лише у випадку з *Y. pseudotuberculosis* (збудником псевдотуберку-

льозу). Діаметр зон інгібування росту становив 19–23 мм. Тож завдяки вибірковості своєї дії цей гриб може бути використаний як основа для отримання біопрепаратів і лікарських засобів для боротьби з псевдотуберкульозом [27].

В іншому дослідженні показано бактеріостатичну та бактеріолітичну дію екстрактів плодових тіл *F. officinalis* методом лунок в агарі відносно грам-позитивних бактерій *Bacillus anthracis* і *B. subtilis* та відсутність впливу на грам-негативні мікроорганізми [28].

Екстракти плодових тіл *F. officinalis* мають бактерицидні властивості та використовуються для лікування і профілактики різних запальних захворювань при ранах і опіках, позитивно впливають на стан клітинного імунітету, регулюють інтенсивність вільнорадикальних реакцій у клітинах і мембранах, регулюють процеси згортання крові, мають антиканцерогенні властивості й імуномодульвальну активність. Доведено наявність бактеріолітичного ефекту екстрактів *F. officinalis* відносно представників роду *Vibrio* [1].

З давніх часів у народній медицині використовували трутовий гриб *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pil., відомий як "чага". Встановлена виражена бактерицидна активність метаболітів гриба *I. obliquus* відносно *Francisella tularensis* (збудника туляремії) – як концентрованих, так і в розведенні 1:10, 1:100, 1:1000. Дослідження проводилося методом лунок в агарі [28].

Окрім цього, виявлено, що метаболіти *I. obliquus* мають сильну інгібуючу дію на ріст штаму *Mycobacterium smegmatis*. Це дослідження також проводилося методом лунок в агарі. Використовувалась культуральна рідина *I. obliquus* концентрована і в розведеннях 1:10, 1:100, 1:1000. Максимальний діаметр інгібування росту *M. smegmatis* становив 26 мм (не вказано, за якого розведення) [29].

I. obliquus містить у своєму складі тетрациклічні тритерпени, органічні кислоти (шавлеву, оцтову, мурашину), стероїдні та фенольні сполуки, алкалоїди, що зумовлює його антибактеріальну активність. Окрім антибактеріальної активності, гриб чага характеризується протипухлинними, антиоксидантними, імуностимульвальними, антидіабетичними властивостями [1].

Такий дереворуйнівний гриб, як *Laetiporus sulphureus*, зустрічається по всій Україні, росте переважно в листяних лісах [30]. Цей гриб також привертає увагу дослідників.

Було вивчено антимікробний спектр 9 штамів *Laetiporus sulphureus* (306, 307, 308, 1518, 1772, 1773, 1174, 1775, 1776) відносно грам-позитивних

і грамнегативних бактерій (*E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 9027, *S. aureus* ATCC 6538P, *B. subtilis* ATCC 6633). Гриби, культивовані поверхнево на агаризованому пивному суслі (8° за Балінгом), використовувалися у дослідженні методом агарових блоків. Також культури вирощували глибинно (на середовищах із гліцерином і соєвим борошном та на глюкозо-пептонному середовищі) для дослідження методом лунок в агарі (діаметр лунок 6 мм).

Антибактеріальна активність відносно *P. aeruginosa* виявлена для всіх досліджуваних штамів *L. sulphureus*. Спостерігалось практично повне пригнічення росту (від 20 мм і більше), що є важливим, оскільки цей мікроорганізм характеризується резистентністю до багатьох існуючих антибіотиків. Активність відносно *E. coli* виявлена для штамів 308, 1518, 1772, 1774 (12–17 мм). Інгибування росту *S. aureus* встановлено для штамів 307, 1773, 1774, 1775 (14–25 мм). Відносно *B. subtilis* активності виявлено не було.

Для отримання та виділення антимікробних речовин доцільним є культивування штамів *L. sulphureus* протягом 10–14 діб, що забезпечує найбільш широкий спектр антагонізму відносно тест-культур [6].

L. sulphureus характеризується протипухлинними властивостями, здатний регулювати ендокринні процеси. Однак варто зазначити, що в деяких випадках цей гриб може викликати галюцинації та проявляти отруйні властивості [1].

Значний ареал поширення на території України має і *P. betulinus*. Цей гриб здатний пригнічувати ріст *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* і мікобактерій [1]. *P. betulinus* багатий на різні антимікробні сполуки: тритерпеноїди, стероїди (поліпоренова кислота, пероксид еггостеролу тощо), які, крім антибактеріальних, мають протівірусні, протизапальні, протипухлинні властивості, заспокійливу дію та стимулюють імунну систему [31].

Було виявлено різницю в умовах культивування, оптимальних для росту біомаси *P. betulinus* (утворення поліморфного повітряного міцелію білого кольору у вигляді плівки на поверхні живильного середовища) та формування максимальної антибіотичної активності його метаболітів. Ріст і антибактеріальну активність *P. betulinus* за різних значень концентрацій іонів водню (в інтервалі рН від 4,0 до 7,0) досліджували на рідкому глюкозо-пептон-дріжджовому живильному середовищі. Вплив джерел вуглецю й азоту на ріст і антибактеріальну активність *P. betulinus* вивчали на глюкозо-аспарагіновому живильному середовищі.

Найбільша кількість міцеліальної маси була отримана на середовищі з целюлозою, а найвища антибактеріальна активність міцелію та культуральної рідини – за наявності в середовищі галактози. Найбільш ефективним джерелом азоту для синтезу міцелію був аспарагін, пептон сприяв набуттю антибактеріальної активності лише в культуральній рідині. Максимальний вихід міцелію *P. betulinus* забезпечувало значення рН 3,5–4,0, а кращі показники антибактеріальної активності культуральної рідини встановлено за рН 5,5.

Виявлено, що культуральна рідина, порівняно з міцелієм, мала більший антибактеріальний ефект. У цілому міцелій *P. betulinus* забезпечував затримку росту тест-бактерій від 10,5 до 14,5 мм, культуральна рідина – від 10,3 мм до повного пригнічення росту, що є зіставним з дією сучасних комерційних антибіотиків, таких як лінкоміцин, цефтриаксон, гентаміцину сульфат [32].

Серед аскоміцетів слід відзначити *Cordyceps militaris*, який проявляє високоефективну бактеріостатичну дію на кілька десятків видів патогенних бактерій. Зокрема, є ефективним проти стафілокока, стрептокока, палички сапа, сибіровиразкової бацили, збудників туберкульозу тощо [1].

Інші представники роду *Cordyceps* також характеризуються антибактеріальною активністю. Було досліджено дію фільтрату культуральної рідини *Cordyceps sobolifera* відносно тест-культур *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* методом паперових дисків. Відносно грамнегативних бактерій *E. coli*, *P. aeruginosa* антибактеріальна активність слабка (зони інгибування 1–1,5 мм). Значно вища активність спостерігалася відносно *S. aureus* [8].

З міцелію *Cordyceps sinensis* було виділено антибактеріальний білок (*Cordyceps sinensis* Antibacterial Protein – CSAP). CSAP здатний інгибувати ріст деяких грампозитивних і грамнегативних бактерій, причому проявляє не бактерицидну, а бактеріостатичну дію [33].

Перспективи практичного застосування макроміцетів у антибактеріальній терапії

Виділення і подальше визначення антибіотичних сполук є важливим кроком на шляху їх впровадження в галузі прикладної фармакології. Об'єктами визначення антибактеріальної активності є насамперед екстракти з грибів. Найбільш часто використовують такі розчинники для їх приготування: метанол, етанол, воду, диметилсульфоксид і етилацетат, рідше – хлороформ, ди-хлорметан, гептан, діетиловий ефір тощо. Проте у фармакологічній практиці дискусійним і

правомірним залишається питання використання будь-яких розчинників, окрім води та диметилсульфоксиду, які не потребують додаткового етапу – випаровування – та є нетоксичними.

Впровадження антибіотичних сполук із макроміцетів у лікарську практику стикається з труднощами. Це стосується, наприклад, добре відомих антибіотиків поліацетиленової природи, ізольованих із грибів родів *Clitocybe*, *Polyporus*, *Coprinus*, *Marasmius*, *Agrocybe* та інших, а також антибіотиків терпенової природи (ціатіни, стреатіни, стреатали тощо) з *Syathus* spp., *Armillaria mellea*, *Hericium ramosum* і багатьох інших видів. Антибіотики поліацетиленової природи виявилися нестійкими і токсичними, а більшість зі знайдених нетоксичних речовин не проявили вищої антибактеріальної активності, ніж у пеніциліну або антибіотиків з актиноміцетів, що вже увійшли в лікувальну практику. Прикладом антибіотиків сесквітерпенової будови можуть слугувати іллюдіни, вперше виділені з отруйних грибів *Lampteromyces japonica* ще в 70-х роках. Вони виявилися активними не тільки проти бактерій і патогенних грибів, а й проти збудника малярії (*Plasmodium gallinaceum*), чим привернули до себе серйозну увагу. Однак у 70–80-х рр. ці антибіотики не знайшли застосування в клінічній практиці через високу токсичність [4].

Проте деякі антибіотичні сполуки з базидіоміцетів підтвердили свою ефективність і застосовуються нині на практиці. Похідні плевромутиліну (антибіотика, який синтезують представники родів *Pleurotus*, *Citopilus* тощо) входять до складу лікарських засобів і ветеринарних препаратів. Це ретапамулін, схвалений для зовнішнього застосування (у формі мазей) у 2007 р. для лікування інфекцій, викликаних *S. aureus* і *Streptococcus pyogenes*; ветеринарні препарати тіамулін (1979 р.) і вальнемулін (1999 р.), які застосовуються у випадку інфекцій, спричинених мікроорганізмами родів *Mycoplasma*, *Brachyspira*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Lawsonia*, *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Actinobacillus*, *Pasteurella* [20].

Існує також можливість застосування грибів як біологічно активних добавок. Шийтаке (*L. edodes*) є одним із найперспективніших для культивування видів їстівних грибів. Цей гриб не тільки використовується як продукт харчування, а й викликає значний інтерес у зв'язку з багатоплановим застосуванням у медицині. Шийтаке слугує для отримання низки препаратів із цінними фармакологічними властивостями, а саме LEM (*L. edodes* mycelium – міцелій шийтаке),

LAP (етанольний екстракт міцелію *L. edodes*) і KS-2 (пептидоманан). Крім того, він входить до складу багатьох харчових добавок із лікувально-профілактичними властивостями. Однак у літературі є повідомлення щодо різних побічних ефектів, викликаних прийомом препаратів, ізольованих із *L. edodes*, а також при вживанні його плодівих тіл у їжу: алергічні реакції, розлад травлення, діарея, шкірний висип тощо. Подібні побічні ефекти можуть бути результатом впливу деяких сполук, що входять до складу цього гриба: нітрозаміну, бетаїну, гістаміну, етаноламіну, етиламину, холіну, гуанідину [4]. Крім *L. edodes*, для виробництва біологічно активних добавок з антибактеріальною дією використовуються *T. versicolor*, *G. lucidum*, *G. frondosa*, *S. commune* тощо [34].

Ефективність антибіотичної дії грибів чи ізольованих із них речовин оцінюють порівняно з комерційними антибіотиками, зокрема з ампіциліном, тетрацикліном, гентаміцином, канаміциліном, стрептоміцином, хлорамфеніколом, метициліном, ванкоміцином тощо. Слід зазначити, що концентрація вибраних дослідниками антибіотиків значно варіює – від 10 до 50 мкг. На жаль, досить часто в працях немає відомостей щодо використаних концентрацій.

Через відсутність розробленого єдиного протоколу із вказаними оптимальними значеннями технологічних параметрів процесу неодноразовим залишається питання умов отримання екстрактів із грибної сировини. У літературі різняться основні чинники, що забезпечують швидкість і, особливо, повноту екстракції: метод екстракції, тип та концентрація екстрагента, температура, тривалість, сировина для екстракції (плодові тіла, біомаса чи культуральна рідина) тощо.

Висновки

Не тільки різні гриби, а й різні штами одного гриба можуть істотно різнитися за своїми властивостями, в т.ч. антибіотичними. Скринінг грибів є першим кроком, спрямованим на відбір перспективних продуцентів з антибактеріальним ефектом.

Серед грибів більше уваги приділено базидіоміцетам, особливо видам родів *Agaricus*, *Ganoderma*, *Lentinus*, *Phellinus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Trametes*. На практиці макроміцети застосовуються і як продуценти антибіотиків, і як сировина, насамперед – біомаса, для створення препаратів лікувально-профілактичного призначення. Зважаючи на це, перевага надається їстівним видам грибів (*Agaricus* sp., *Pleurotus* sp. і *Lentinus* sp.).

Переважно антибактеріальну активність встановлюють відносно грампозитивних бактерій родин *Bacillus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* та грамнегативних – представників родин *Escherichia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Salmonella*.

З урахуванням диверсифікованості досліджень, пов'язаних із пошуком антибактеріальних властивостей грибів (різні методики та їх модифікації, різноманіття об'єктів досліджень), отримані кількісні дані щодо антибіотичної активності дещо складно піддаються узагальненню та порівнянню.

Вивчення антибактеріальної активності, механізмів дії є особливо актуальним і перспективним напрямом досліджень антибактеріальних сполук, виявлених у макроміцетах. Дослідження та деталізація механізмів, чинників і факторів антибіотикостійкості, обумовлених природними компонентами, сприятимуть розробці та подальшому впровадженню перспективних дієвих антибактеріальних препаратів та/чи компонентів на основі різних грибів чи їх метаболітів із низькою токсичністю.

Список літератури

1. *Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях* / Ли Юй, Тулигуэл, Бао Хайин и др. – Киров: О-Краткое, 2009. – 320 с.
2. *Glimpses of antimicrobial activity of fungi from world* / K.R. Ranadive, M.H. Belsare, S.S. Deokule et al. // *J. New Biol. Rep.* – 2013. – 2, № 2. – P. 142–162.
3. *A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds* / M.J. Alves, I.C.F.R. Ferreira, J. Dias et al. // *Planta Medica.* – 2012. – 78, № 16. – P. 1707–1718.
4. *Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: Сб. науч. трудов в 2-х т.* / Под ред. С.П. Вассера. – К.: Альтерпрес, 2011. – Т. 1. – 212 с.
5. *Antibacterial activity of macromycetes mycelia and culture liquid* / T.A. Krupodorova, V.Yu. Barshteyn, E.F. Zabeida, E.V. Pokas // *Microbiol. Biotechnol. Lett.* – 2016. – 44, № 3. – P. 246–253.
6. *Дзигун Л.П., Кудрінецька А.В., Дуган О.М.* Антимікробні властивості ксилотрофного базидіоміцету *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) murrill // *Вісник НУ “Львівська політехніка”*. – 2011. – № 700. – С. 156–160.
7. *Антимікробна активність штамів Ganoderma applanatum* (Pers.: Wallr.) Pat. та *G. lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. в умовах глибокого культивування / Т.А. Круподьорова, Н.А. Бісько, Н.Л. Поєдинок та ін. // *Ukr. Botan. J.* – 2008. – 65, № 4. – P. 590–595.
8. *Intiaj A., Lee T.S.* Screening of antibacterial and antifungal activities from Korean wild mushrooms // *World J. Agric. Sci.* – 2007. – 3, № 3. – P. 316–321.
9. *Dighe S., Agate A.D.* Antibacterial activity of some Indian mushrooms // *Int. J. Med. Mushrooms.* – 2000. – № 2. – P. 141–150.
10. *Yamac M., Bilgili F.* Antimicrobial activities of fruit bodies and/or mycelial cultures of some mushroom isolates // *Pharmaceutical Biology.* – 2006. – 44, № 9. – P. 660–667.
11. *Chelela B.L., Chacha M.M.A.* Antibacterial and antifungal activities of selected wild mushrooms from Southern Highlands of Tanzania // *Amer. J. Res. Commun.* – 2014. – 2, № 9. – P. 58–68.
12. *Moglad E.H.O., Saadabi A.M.* Screening of antimicrobial activity of wild mushrooms from Khartoum state of Sudan // *Microbiol. J.* – 2012. – 2, № 2. – P. 64–69.
13. *Antimicrobial activity of some edible mushrooms in the Eastern and Southeast Anatolia Region of Turkey* / M. Akyuz, A.N. Onganer, P. Erecevit, S. Kirbag // *Gazi Univ. J. Sci.* – 2010. – 23, № 2. – P. 125–130.
14. *Screening of Brazilian basidiomycetes for antimicrobial activity* / L.H. Rosa, K.M. Machado, C.C. Jacob et al. // *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* – 2003. – 98, № 7. – P. 967–974.
15. *Antibacterial activity of some Bulgarian higher basidiomycetes mushrooms* / I. Tsvetkova, H. Naydenki, A. Petrova et al. // *Int. J. Med. Mushr.* – 2006. – 8, № 1. – P. 63–66.
16. *Sidorova I.I., Velikanov L.L.* Bioactive substances of agaricoid basidiomycetes and their possible role in regulation of myco- and microbiota structure in soils of forest ecosystems. I. Antibiotic activity of water extracts from basidioms of several dominant agaricoid basidiomycetes // *Mikol. Fitopatol.* – 2000. – № 34. – P. 11–17.
17. *Evaluation of antibacterial activity of Australian basidiomycetous macrofungi using high-throughput 96-well plate assay* / N. Bala, A.B. Aitken, N. Fechner et al. // *Pharm. Biol.* – 2011. – 49, № 5. – P. 492–500.
18. *Abah S.E., Abah G.* Antimicrobial and antioxidant potentials of *Agaricus bisporus* // *Adv. Biological Res.* – 2010. – 4, № 5. – P. 277–282.
19. *Manimozhi M., Kaviyaranan V.* Nutritional composition and antibacterial activity of indigenous edible mushroom *Agaricus heterocystis* // *Int. J. Adv. Biotechnol. Res.* – 2013. – 4, № 1. – P. 78–84.

20. Novak R., Shlaes D.M. The pleuromutilin antibiotics: A new class for human use // *Curr. Opin. Investig. Drugs.* – 2010. – **11**, № 2. – P. 182–191.
21. Ngai P.H.K., Ng T.B. A ribonuclease with antimicrobial, antimutagenic and antiproliferative activities from the edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* // *Peptides.* – 2004. – **25**, № 1. – P. 11–17.
22. Antibacterial activity of mediterranean oyster mushrooms, species of genus *Pleurotus* (higher basidiomycetes) / D. Schillaci, V. Arizza, M.L. Gargano, G. Venturella // *Int. J. Med. Mushrooms.* – 2013. – **15**, № 6. – P. 591–594.
23. Antimicrobial and anti-inflammatory potential of polysaccharide from *Pleurotus pulmonarius* LAU 09 / E.A. Adebayo, J.K. Oloke, O.N. Majolagbe, R.A. Ajani // *Afr. J. Microbiol. Res.* – 2012. – **6**, № 13. – P. 3315–3323.
24. Investigation of the antibacterial activity of basidiomycetes *Lentinula boryana* and *Lentinula edodes* / M.P. de Carvalho, S.T. van der Sand, E.A.R. Rosa et al. // *Biocencias.* – 2007. – **15**, № 2. – P. 173–179.
25. Ganomycins A and B, new antimicrobial farnesyl hydroquinones from the basidiomycete *Ganoderma pfeifferi* / R.A.A. Mothana, R. Jansen, W.D. Jülich, U. Lindequist // *J. Nat. Prod.* – 2000. – **63**, № 3. – P. 416–418.
26. Ameri A., Vaidya J.G., Deokule S.S. In vitro evaluation of anti-staphylococcal activity of *Ganoderma lucidum*, *Ganoderma praelongum* and *Ganoderma resinaceum* from Pune, India // *Afr. J. Microbiol. Res.* – 2011. – **5**, № 3. – P. 328–333.
27. Штамм базидіального гриба *Fomitopsis officinalis*, проявляющий антибактериальную активность в отношении бактерий *Yersinia pseudotuberculosis*: Патент 2375439 РФ, МПК C12N1/14, A61K36/06 / М.Л. Сидоренко, Л.С. Бузолева, Н.Ю. Ефремова, Е.М. Булах; заявитель и патентообладатель Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения РАН, Гос. учреждение НИИ эпидемиологии и микробиологии Сибирского отделения РАМН. – № 2008112962/13; Заявл. 03.04.2008; Опубл. 10.12.2009.
28. Шариков А.М. Исследование антибактериальной активности метаболитов некоторых высших грибов Средней Сибири // *Современные наукоемкие технологии.* – 2010. – № 6. – С. 128–129.
29. Шариков А.М. Гриб-чага *Inonotus obliquus* Pilat: антибиотическая активность метаболитов // *Современные наукоемкие технологии.* – 2010. – № 8. – С. 167–168.
30. Зерова М.Я., Єлін Ю.Я., Коз'яков С.М. Гриби: їстівні, умовно їстівні, неїстівні, отруйні. – К.: Урожай, 1979. – 232 с.
31. Bioactive triterpenes from the fungus *Piptoporus betulinus* / Z. Alresly, U. Lindequist, M. Lalk et al. // *Rec. Nat. Prod.* – 2016. – **10**, № 1. – P. 103–108.
32. Ріст та антибактеріальна активність *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. в культурі / Т.А. Круподьорова, О.Ф. Забейда, В.Ю. Барштейн, Т.О. Зайченко // *Ліки – людині. Сучасні проблеми фармакотерапії і призначення лікарських засобів: Матер. І Міжнар. наук.-практ. конф., 30–31 березня 2017 р. У 2-х т. – Х.: НФаУ, 2017. – Т. 2. – С. 188–189.*
33. Purification and characterization of an antibacterial protein from the cultured mycelia of *Cordyceps sinensis* / H. Zheng, Y. Maoqing, X. Liqiu et al. // *Wuhan Univ. J. Nat. Sci.* – 2006. – **11**. – P. 709–714.
34. Клечак І.Р., Антоненко Л.О. Біотехнології на основі вищих базидіальних грибів роду *Coriolus* Quel // *Наукові вісті НТУУ "КПІ".* – 2012. – № 3. – С. 41–49.

References

- [1] L. Yui et al., *Medicinal Fungi in Traditional Chinese Medicine and Modern Biotechnology*. Kirov, Russia: O-Kratkoye, 2009 (in Russian).
- [2] K.R. Ranadive et al., "Glimpses of antimicrobial activity of fungi from world", *J. New Biol. Rep.*, vol. 2, no. 12, pp. 142–162, 2013.
- [3] M.J. Alves et al., "A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds", *Planta Medica*, vol. 78, no. 16, pp. 1707–1718, 2012. doi: 10.1055/s-0032-1315370
- [4] *Biological Features of Medicinal Macromycetes in Culture*, vol. 1, S. Vasser, Ed. Kyiv, Ukraine: Alterpres, 2011 (in Russian).
- [5] T.A. Krupodorova et al., "Antibacterial activity of macromycetes mycelia and culture liquid", *Microbiol. Biotechnol. Lett.*, vol. 44, no. 3, pp. 246–253, 2016. doi: 0.4014/mb.1603.03003
- [6] L. Dzyhun et al., "Antimicrobial properties of xylophagous basidiomycetes *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) murrill", *Visnyk Natsionalnogo Universitetu "Lvivska Polytehnika"*, no. 700, pp. 156–160, 2011 (in Ukrainian).
- [7] T.A. Krupodorova et al., "Antimicrobial activity of *Ganoderma applanatum* (Pers.: Wallr.) Pat. and *G. lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. strains in the submerged conditions", *Ukr. Botan. J.*, vol. 65, no. 4, pp. 590–595, 2008 (in Ukrainian).
- [8] A. Intiaj and T.S. Lee, "Screening of antibacterial and antifungal activities from Korean wild mushrooms", *World J. Agric. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 316–321, 2007.
- [9] S. Dighe and A.D. Agate, "Antibacterial activity of some Indian mushrooms", *Int. J. Med. Mushrooms.*, no. 2, pp. 141–150, 2000.
- [10] M. Yamac and F. Bilgili, "Antimicrobial activities of fruit bodies and/or mycelial cultures of some mushroom isolates", *Pharmaceutical Biology*, vol. 44, no. 9, pp. 660–667, 2006. doi: 10.1080/13880200601006897

- [11] B.L. Chelela and M.M.A. Chacha, "Antibacterial and antifungal activities of selected wild mushrooms from Southern Highlands of Tanzania", *Amer. J. Res. Comm.*, vol. 2, no. 9, pp. 58–68, 2014.
- [12] E.H.O. Moglad and A.M. Saadabi, "Screening of antimicrobial activity of wild mushrooms from Khartoum state of Sudan", *Microbiol. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 64–69, 2012. doi: 10.3923/mj.2012.64.69
- [13] M. Akyuz *et al.*, "Antimicrobial activity of some edible mushrooms in the Eastern and Southeast Anatolia Region of Turkey", *Gazi Univ. J. Sci.*, vol. 23, no. 2, pp. 125–130, 2010.
- [14] L.H. Rosa *et al.*, "Screening of Brazilian basidiomycetes for antimicrobial activity", *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*, vol. 98, no. 7, pp. 967–974, 2003.
- [15] I. Tsvetkova *et al.*, "Antibacterial activity of some Bulgarian higher basidiomycetes mushrooms", *Int. J. Med. Mushr.*, vol. 8, no. 1, pp. 63–66, 2006. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v8.i1.80
- [16] I.I. Sidorova and L.L. Velikanov, "Bioactive substances of agaricoid basidiomycetes and their possible role in regulation of myco- and microbiota structure in soils of forest ecosystems. I. Antibiotic activity of water extracts from basidioms of several dominant agaricoid basidiomycetes", *Mikol. Fitopatol.*, no. 34, pp. 11–17, 2000.
- [17] N. Bala *et al.*, "Evaluation of antibacterial activity of Australian basidiomycetous macrofungi using high-throughput 96-well plate assay", *Pharm. Biol.*, vol. 49, no. 5, pp. 492–500, 2011. doi: 10.3109/13880209.2010.526616
- [18] S.E. Abah and G. Abah, "Antimicrobial and antioxidant potentials of *Agaricus bisporus*", *Adv. Biological Res.*, vol. 4, no. 5, pp. 277–282, 2010.
- [19] M. Manimozhi and V. Kaviyaran, "Nutritional composition and antibacterial activity of indigenous edible mushroom *Agaricus heterocystis*", *Int. J. Adv. Biotechnol. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 78–84, 2013.
- [20] R. Novak and D.M. Shlaes, "The pleuromutilin antibiotics: a new class for human use", *Curr. Opin. Investig. Drugs*, vol. 11, no. 2, pp. 182–191, 2010.
- [21] P.H.K. Ngai and T.B. Ng, "A ribonuclease with antimicrobial, antimitogenic and antiproliferative activities from the edible mushroom *Pleurotus sajor-caju*", *Peptides*, vol. 25, no. 1, pp. 11–17, 2004. doi: 10.1016/j.peptides.2003.11.012
- [22] D. Schillaci *et al.*, "Antibacterial activity of mediterranean oyster mushrooms, species of genus *Pleurotus* (higher basidiomycetes)", *Int. J. Med. Mushrooms*, vol. 15, no. 6, pp. 591–594, 2013. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v15.i6.70
- [23] E.A. Adebayo *et al.*, "Antimicrobial and anti-inflammatory potential of polysaccharide from *Pleurotus pulmonarius* LAU 09", *Afr. J. Microbiol. Res.*, vol. 6, no. 13, pp. 3315–3323, 2012. doi: 10.5897/AJMR12.213
- [24] M.P. de Carvalho *et al.*, "Investigation of the antibacterial activity of basidiomycetes *Lentinula boryana* and *Lentinula edodes*", *Biocencias*, vol. 15, no. 2, pp. 173–179, 2007.
- [25] R.A.A. Mothana *et al.*, "Ganomyocins A and B, new antimicrobial farnesyl hydroquinones from the basidiomycete *Ganoderma pfeifferi*", *J. Nat. Prod.*, vol. 63, no. 3, pp. 416–418, 2000. doi: 10.1021/np990381y
- [26] A. Ameri *et al.*, "In vitro evaluation of anti-staphylococcal activity of *Ganoderma lucidum*, *Ganoderma praelongum* and *Ganoderma resinaceum* from Pune, India", *Afr. J. Microbiol. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 328–333, 2011.
- [27] M. Sidorenko *et al.*, "Strain of basidial fungus *Fomitopsis officinalis* showing antibacterial activity against bacteria *Yersinia pseudotuberculosis*", Russia Patent 2375439, Dec. 10, 2009 (in Russian).
- [28] A. Sharikov, "The study of the anti-bacterial activity of metabolites of some higher fungi of Middle Siberia", *Sovremennye Naukoyomkie Tekhnologii*, no. 6, pp. 128–129, 2010 (in Russian).
- [29] A. Sharikov, "Chaga Mushroom *Inonotus obliquus* Pilat: antibiotic activity of metabolites", *Sovremennye Naukoyomkie Tekhnologii*, no. 8, pp. 167–168, 2010 (in Russian).
- [30] M. Zerova *et al.*, *Mushrooms: Edible, Conditionally Edible, Non-Edible, Poisonous*. Kyiv, SU: Urozhay, 1979 (in Ukrainian).
- [31] Z. Alresly *et al.*, "Bioactive triterpenes from the fungus *Piptoporus betulinus*", *Rec. Nat. Prod.*, vol. 10, no. 1, pp. 103–108, 2016.
- [32] T.A. Krupodyorova *et al.*, "Growth and antibacterial activity of *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. in culture", in *Proc. Int. Conf. Drugs – for Humans. Modern Problems of Pharmacotherapy and Prescribing of Drugs*, Kharkiv, Ukraine, March 30–31, 2017, vol. 2, pp. 188–189 (in Ukrainian).
- [33] H. Zheng *et al.*, "Purification and characterization of an antibacterial protein from the cultured mycelia of *Cordyceps sinensis*", *Wuhan Univ. J. Nat. Sci.*, vol. 11, pp. 709–714, 2006. doi: 10.1007/BF02836695
- [34] I. Klechak and L. Antonenko, "Biotechnology on the basis of the higher basidiomycetous mushrooms of genus *Coriolus* Quel", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 3, pp. 41–49, 2012 (in Ukrainian).

Т.О. Зайченко, Т.А. Круподьорова, В.Ю. Барштейн, Н.В. Дехтяренко

АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ МАКРОМІЦЕТІВ

Проблематика. Постійне виникнення мультирезистентних до існуючих ліків форм збудників та їх нових видів, а також часта поява побічних ефектів від цих ліків спричиняють необхідність пошуку нових антибіотичних сполук, особливо антибіотиків

природного походження (з рослин, грибів, мохів). Гриби є перспективним об'єктом досліджень завдяки продукуванню різноманітних біологічно активних речовин.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз результатів досліджень антибактеріальних властивостей різних представників макроміцетів і визначення перспектив їх практичного застосування.

Методика реалізації. Аналіз і узагальнення інформації щодо об'єктів і методик дослідження антибактеріальної активності макроміцетів.

Результати дослідження. Серед макроміцетів значна увага приділена базидіомицетам, особливо видам родів *Agaricus*, *Ganoderma*, *Lentinus*, *Phellinus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Trametes*. На практиці використовують як плодові тіла, біомасу і культуральну рідину макроміцетів, так і виділені з них антибіотичні речовини. Зважаючи на це, перевага надається їстівним видам грибів (*Agaricus* sp., *Pleurotus* sp. і *Lentinus* sp.).

Висновки. З урахуванням диверсифікованості досліджень, пов'язаних із пошуком антибактеріальних властивостей грибів, отримані дані щодо антибіотичної активності дещо складно піддаються узагальненню. Вивчення антибактеріальної активності, механізмів дії є особливо актуальним і перспективним напрямом досліджень антибактеріальних сполук, виявлених у макроміцетах, для подальшого впровадження антибактеріальних препаратів та/чи компонентів на основі культуральної рідини, міцелію і плодових тіл грибів.

Ключові слова: антибактеріальна активність; макроміцети; біологічно активні речовини.

Т.О. Зайченко, Т.А. Круподерова, В.Ю. Барштейн, Н.В. Дехтяренко

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ МАКРОМИЦЕТОВ

Проблематика. Постоянное возникновение мультирезистентных к существующим лекарствам форм возбудителей и их новых видов, а также частое появление побочных эффектов от этих лекарств влекут за собой необходимость поиска новых антибиотических соединений, особенно антибиотиков природного происхождения (из растений, грибов, мхов). Грибы являются перспективным объектом исследований благодаря продуцированию разнообразных биологически активных веществ.

Цель исследования. Целью работы является анализ результатов исследований антибактериальных свойств различных представителей макромицетов и определение перспектив их практического применения.

Методика реализации. Анализ и обобщение информации касательно объектов и методик исследования антибактериальной активности макромицетов.

Результаты исследования. Среди макромицетов значительное внимание уделено базидиомицетам, особенно видам родов *Agaricus*, *Ganoderma*, *Lentinus*, *Phellinus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Trametes*. На практике применяют как плодовые тела, биомассу и культуральную жидкость макромицетов, так и выделенные из них антибиотические вещества. Ввиду этого предпочтение отдается съедобным видам грибов (*Agaricus* sp., *Pleurotus* sp. и *Lentinus* sp.).

Выводы. С учетом диверсифицированности исследований, связанных с поиском антибактериальных свойств грибов, полученные данные касаются антибиотической активности несколько сложно поддаются обобщению. Изучение антибактериальной активности, механизмов действия является особенно актуальным и перспективным направлением исследований антибактериальных соединений, обнаруженных в макромицетах, для дальнейшего внедрения антибактериальных препаратов и/или компонентов на основе культуральной жидкости, мицелия и плодовых тел грибов.

Ключевые слова: антибактериальная активность; макромицеты; биологически активные вещества.

Рекомендована Радою
факультету біотехнології і біотехніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
14 квітня 2017 року