

ЗАГАЛЬНА АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ДЕЯКИХ ШТАМІВ БАЗИДІАЛЬНИХ ГРИБІВ В ДИНАМІЦІ РОСТУ

О.В. Федотов

Донецький національний університет, м. Вінниця, Україна. Email: o.fedotov@donnu.edu.ua

Робота присвячена дослідженню загальної антиоксидантної активності (АОА) в динаміці росту штамів базидіоміцетів при їх поверхневому періодичному культивуванні на глюкозо-пептонному середовищі. Матеріал дослідження – міцелій та культуральний фільтрат (КФ) 57 штамів, 5 із яких належать до 5 видів порядку *Polyporales*, а 52 – до 7 видів порядку *Agaricales*. З метою вивчення динаміки росту використано ваговий метод визначення накопичення абсолютно сухої біомаси (АСБ). Загальну АОА мікологічного матеріалу оцінювали за інтенсивністю гальмування накопичення продуктів ПОЛ в модельній реакції окиснення Твін-80 киснем повітря. Встановлено, що найбільш продуктивними за показником накопичення АСБ є штам *F. velutipes* F-610 та штам *P. eryngii* P-er. Найнижчі значення накопичення АСБ зафіксовані для штамів *P. ostreatus* P-14 і P-192 та штаму *P. citrinopileatus* P-citr. Відібрані найпродуктивніші штами базидіоміцетів за рівнем загальної АОА міцелію: *P. eryngii* P-er, *P. citrinopileatus* P-citr, *P. ostreatus* P-035, *F. hepatica* Fh-08, *A. cylindracea* 960 та КФ: *P. ostreatus* P-081, P-082, P-087, *P. citrinopileatus* P-citr. Не встановлено залежності між реєстрованими показниками росту та антиоксидантної активності 9-ти та 12-ти денних культур грибів. Відібрані штами – продуценти природних антиоксидантів можуть бути використані в якості біологічних агентів у біотехнології.

Ключові слова: біотехнологія, антиоксидантна активність, базидіоміцети, поверхнєве культивування, глюкозо-пептонне середовище.

ОБЩАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ШТАММОВ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ В ДИНАМИКЕ РОСТА

О.В. Федотов

Донецкий национальный университет, г. Винница, Украина. Email: o.fedotov@donnu.edu.ua

Работа посвящена исследованию общей антиоксидантной активности (АОА) в динамике роста штаммов базидиомицетов при их периодическом поверхностном культивировании на глюкозо-пептонной среде. Материал исследования – мицелий и культуральный фильтрат (КФ) 57 штаммов, 5 из которых относятся к 5 видам порядка *Polyporales*, а 52 – к 7 видам порядка *Agaricales*. С целью изучения динамики роста использован весовой метод определения накопления абсолютно сухой биомассы (АСБ). Общую АОА микологического материала оценивали по интенсивности торможения накопления продуктов ПОЛ в модельной реакции окисления Твин-80 кислородом воздуха. Установлено, что наиболее продуктивными по показателю накопления АСБ являются штамм *F. velutipes* F-610 и штамм *P. eryngii* P-er. Самые низкие значения накопления АСБ зафиксированы для штаммов *P. ostreatus* P-14 и P-192 и штамма *P. citrinopileatus* P-citr. Отобраны самые продуктивные штаммы базидиомицетов за уровнем общей АОА мицелия: *P. eryngii* P-er, *P. citrinopileatus* P-citr, *P. ostreatus* P-035, *F. hepatica* Fh-08, *A. cylindracea* 960 и КФ: *P. ostreatus* P-081, P-082, P-087, *P. citrinopileatus* P-citr. Не установлено зависимости между регистрируемым показателем роста и антиоксидантной активностью 9-ти и 12-ти дневных культур грибів. Отобранные штаммы – продуценты природных антиоксидантов могут быть использованы в качестве биологических агентов в биотехнологии.

Ключевые слова: биотехнология, антиоксидантная активность, базидиомицеты, поверхностное культивирование, глюкозо-пептонная среда.

Citation:

Fedotov, O.V. (2016). Total antioxidant activity of some Basidiomycetes strains in growth dynamic. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (2), 158–165.

Поступило в редакцию / Submitted: 10.06.2016

Принято к публикации / Accepted: 27.07.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201647>

© Fedotov, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License

TOTAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SOME BASIDIOMYCETES STRAINS IN GROWTH DYNAMIC

O.V. Fedotov

Donetsk National University, Vinnytsia, Ukraine. Email: o.fedotov@donnu.edu.ua

The work is devoted to the study of total antioxidant activity (AOA) in the growth dynamics of basidiomycetes strains in their periodic surface cultivation on glucose-peptone medium. Subjects of research are mycelium and culture filtrate (CF) from 57 strains, 5 of which are belong to 5 types of Polyporales order, and 52 of which are belong to the 7 types of Agaricales order. In order to study the dynamics of growth used method for determining the weight of absolutely dry biomass accumulation (ADB). Total AOA of mycological material was evaluated by inhibition of lipid peroxidation products accumulation intensity in the model oxidation reaction of Tween-80 by air oxygen. It was found that the most productive in terms of the accumulation of ADB are strains *F. velutipes* F-610 and *P. eryngii* P-er. Lowest values of ADB accumulation recorded for strains *P. ostreatus* P-14 and P-192 and *P. citrinopileatus* P sitr. Were selected the most productive strains of Basidiomycetes for the level of total AOA in mycelium and CF. There are strains *P. eryngii* P-er, *P. citrinopileatus* P sitr, *P. ostreatus* P-035, *F. hepatica* Fh-08, *A. cylindracea* 960, *P. ostreatus* P-081, P-082, P-087, *P. citrinopileatus* P sitr. Has not been established the dependence between the growth and the antioxidant activity of the 9- and 12-day fungal cultures. Selected producers of natural antioxidants may be used as biological agents in biotechnology.

Key words: *biotechnology, antioxidant activity, basidiomycetes, surface cultivation carotenoids, glucose-peptone medium.*

ВСТУП

Гомеостаз та фізіологічний стан аеробних організмів визначаються сталим розвитком прооксидантно-антиоксидантного балансу – взаємодією активних форм кисню (АФК) і антиоксидантів. Порушення цього балансу в бік активації процесів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) та зниження антиоксидантного захисту (АОЗ) веде до розвитку певних патологічних станів (Владимиров, 2000). Швидкість утворення і накопичення прооксидантів врівноважуються на певному рівні синтезом та активністю ендо- і екзогенних антиоксидантів. Через те, для характеристики організмів чи їх станів використовується поняття антиоксидантний статус. Для його виміру застосовують такі показники, як активність оксидоредуктаз, вміст окремих антиоксидантів чи продуктів ПОЛ, склад ліпідів чи співвідношення окремих фракцій фосfolіпідів та інші дані. Узагальнюючим показником антиоксидантного статусу є рівень загальної антиоксидантної активності (АОА) (Владимиров, 2000; Сирчін, 2015). Цей показник може характеризувати не тільки певні організми чи їх групи, а й інформувати про стан екологічних систем чи біотехнологічних процесів.

Корекція прооксидантно-антиоксидантного балансу шляхом поповнення запасів антиоксидантів ззовні певними продуктами харчування чи лікувально-профілактичними препаратами може значно знизити ступінь прояви оксидантного стресу. Однак, перелік природних продуктів (*natural product-based drug discovery* – NPDD), багатих на антиокисні речовини обмежений. У зв'язку з цим, доцільним є пошук нових активних продуцентів природних антиоксидантів.

Доведено, що базидіальні гриби здатні до синтезу та накопичення повноцінного протеїну та численних біологічно активних речовин. Приміром, їх складні ензимні комплекси прооксидантно-антиоксидантної системи задіяні в біотрансформації складних та хімічно стійких біополімерів, що має промислове та екологічне значення (Белозерская, 2007; Winqvist, 2008; Капич, 2011). Розробляються способи культивування їстівних і лікарських видів макроміцетів та виділення їх метаболітів (Fedotov, 2007; Asatiani et al., 2010; Вассер, 2012). Це поліцукри, поліфеноли і терпени, полікетиди і стероїди, вітаміни і вітаміноподібні речовини, тощо (Мау, 2002; Kalač, 2013; Сирчін, 2015). Їх терапевтична дія, в першу чергу, обумовлена антиоксидантною активністю – здатністю до поглинання (*scavenging*) вільних радикалів, модуляції активності ферментів шляхом хелатування металів та інгібування окислення ліпідів (Selvi, 2007; Radzki, 2014; Сирчін, 2015). Дослідження показали, що грибні метаболіти, в т.ч. антиоксиданти мають високий рівень біодоступності і здатні швидко метаболізуватися в організмі (Вассер, 2012). Вживання грибів з великою концентрацією антиоксидантів зумовлює появу в плазмі крові біоактивних метаболітів, що, в свою чергу, підвищує її антиоксидантну активність (Сирчін, 2015).

Виходячи з вищезазначеного, метою роботи було встановлення та порівняння загальної антиоксидантної активності в динаміці росту штамів базидіоміцетів при їх поверхневому періодичному культивуванні на глюкозо-пептонному середовищі.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження були 57 штамів з колекції культур шапинкових грибів кафедри фізіології та біохімії рослин Донецького національного університету (Федотов, 2012), що належать до 12 видів відділу *Basidiomycota*, порядку *Polyporales*: штами *Daedalea quercina* Fr. Dq-08, *Fomes fomentarius* (L. ex Fr.) Gill. T-10, *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. Gl-2, *Irpex lacteus* Fr. Il-4k, *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. Ls-08; порядку *Agaricales*: штами *Agrocybe cylindracea* (DC.) Gillet. 167, 218, 960, *Fistulina hepatica* Schff. ex Fr. Fh-08, *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. F-03, F-06, F-073, F-1, F-10, F-102, F-104, F-107, F-112, F-2, F-202, F-204, F-vv, F-610, *Pleurotus citrinopileatus* Singer. P-citr., *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. P-er, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. D-140, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-107, P-12к, P-191, P-192, P-203, P-206, P-208, P-209, P-210, P-6v, P-кл, P-14, P-4к, P-91, P-94, P-998, P-447, P-2175, *Schizophyllum commune* Fr.: Fr. Sc-10. Систематичне положення досліджуваних видів встановлено згідно сучасних літературних джерел (Kirk et al., 2008).

З метою вивчення динаміки росту і інтенсивності процесів перекисного окислення ліпідів, дослідні штами культивували поверхнево, періодично в колбах Ерленмеєра ємністю 250 мл на глюкозо-пептонному живильному середовищі (ГПС, рН₀ 6,5±0,2) об'ємом 50 мл наступного складу, г/л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; КН₂РО₄ – 0,6; К₂НРО₄ – 0,4; MgSO₄ · 7H₂O – 0,5; CaCl₂ – 0,05; ZnSO₄ · 7H₂O – 0,001. Інокулюмом (0,5±0,01 г/л) слугували 10-ти денні міцеліальні культури штамів на сусло-агарі. Термін культивування при 27,5°C складав 12 діб. Параметри ферментації зумовлені технологічною і економічною недоцільністю довгострокового культивування та тривалістю фази експоненціального росту продуцентів (Fedotov, 2007).

Матеріалами досліджень були гомогенізований міцелій (МГ) та культуральний фільтрат (КФ), які готували наступним чином. Міцелій при 5±1°C відділяли від культуральної рідини шляхом фільтрування. Отриманий міцелій промивали дистильованою водою, підсушували на фільтрувальному папері, гомогенізували шляхом розтирання в охолодженій до 1±0,5°C ступці. МГ використовували для приготування водної витяжки та визначення рівня загальної АОА. Залишок міцелію зважували у відкаліброваних бюксах і висушували при +105°C до постійної маси для розрахунку його вологості і абсолютно сухої біомаси (АСБ) (Дудка, 1982; Чайка, 2014).

Загальну АОА мікологічного матеріалу оцінювали за інтенсивністю гальмування накопичення продуктів ПОЛ в модельній реакції окиснення Твін-80 киснем повітря. При цьому до мікологічного матеріалу (контроль – дистильована вода) додавали 1·10⁻³ моль/л розчин сірчаноокислого заліза, 1·10⁻² моль/л аскорбінової кислоти та 1% водний розчин Твін-80. Інкубацію проводили в герметичних ємностях об'ємом 100 мл при 40°C протягом 24 годин. Потім в реакційній суміші визначали вміст продуктів ПОЛ, активних до тіобарбітурової кислоти (ТБК-АП). АОА розраховували за формулою (Чайка, 2014):

$$AOA = \frac{A_e - A_a}{A_e}$$

де A_e , A_a – вміст ТБК-АП в контрольному і дослідному зразках відповідно.

Досліди проводили у трикратній повторності. Статистичний аналіз експериментальних даних здійснювали з використанням Microsoft Excel та пакету програм для обробки результатів біологічних експериментів. З метою визначення впливу терміну культивування та речовин-індукторів на активність процесів ПОЛ був проведений однофакторний дисперсійний аналіз, порівняння дат здійснювали за методом Дункана. Достовірною вважалася різниця за рівня вірогідності $P > 0,95$ (Приседський, 1999).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати накопичення біомаси (рис. 1) штамми базидіоміцетів на 9-ту та 12-ту добу культивування (ДК) підтверджують попередньо отримані дані та терміни фаз їх експоненціального росту (Fedotov, 2007; Волошко, 2011; Федотов, 2012). Всі досліджені штами досягають максимуму накопичення біомаси за значеннями АСБ на 12-ту добу культивування і умовно розподіляються на три групи.

Перша, найбільш чисельна група – 32 штами Dq-08, T-10, G1-2, П-4к, Ls-08; 167, Fh-08, F-06, F-10, F-104, F-107, F-112, F-2, F-vv, P-citr., Hk-35, P-01, P-039, P-081, P-082, P-083, P-087, P-088, P-089, P-105, P-192, P-209, P-210, P-14, P-91, P-94 та Sc-10 – характеризуються повільним ростом і накопичують в запропонованих умовах культивування до 4 г АСБ на л ГПС.

До другої групи відноситься 20 штамів – 218, 960, F-03, F-073, F-1, F-102, F-202, F-204, P-004, P-035, P-107, P-191, P-206, P-208, P-6v, P-кл, P-4к, P-998, P-447 та P-2175 – зі значеннями АСБ від 4 до 8 г/л.

В третій групі нараховується 5 швидко зростаючих штамів – *P. ostreatus* (шт. P-12к, P-203, D-140), *P. eryngii* (шт. P-er) та *F. velutipes* (шт. F-610) – які розташовані в порядку наростання АСБ від 8 до 17 г/л.

Узагальнюючи результати накопичення АСБ дослідженими 57 штамми, зазначимо наступне. Найбільш продуктивними у відношенні ростового показнику є штам *F. velutipes* F-610 та штам *P. eryngii* P-er. Найнижчі значення накопичення біомаси зафіксовані для штамів *P. ostreatus* P-14 і P-192 та штаму *P. citrinopileatus* P-citr.

Досліджені штами мають індивідуальні значення росту – накопичення біомаси в застосованих умовах культивування. Виявлено значні коливання цього показника і в межах одного виду, що пояснюється індивідуальною мінливістю штамів. Так, швидкість накопичення АСБ для штамів *P. ostreatus* різнилась в 27,6 разів на 9-ту добу культивування та у 14,3 рази – на 12-ту, а для штамів *F. velutipes* – у 13,4 разів на 9-ту добу та 7,2 рази – на 12-ту добу ферментації (Волошко, 2011).

Разом із встановленням накопичення біомаси, визначали загальну антиоксидантну активність мікологічного матеріалу 57 штамів: міцелію (рис. 2) та КФ (рис. 3).

За значеннями загальної АОА міцелію на 12-ту добу росту, штами умовно поділяються на наступні три групи.

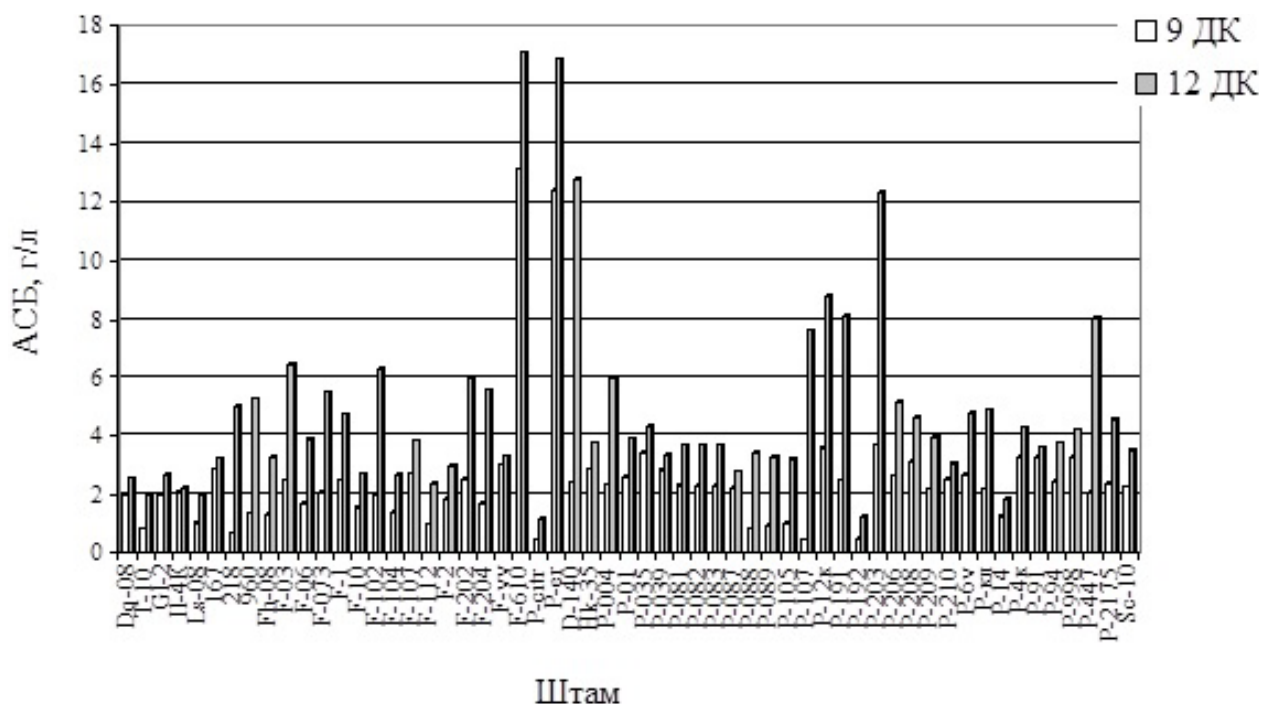


Рис. 1. Накопичення біомаси штамми базидіоміцетів на 9-ту (9 ДК) та 12-ту (12 ДК) добу культивування.

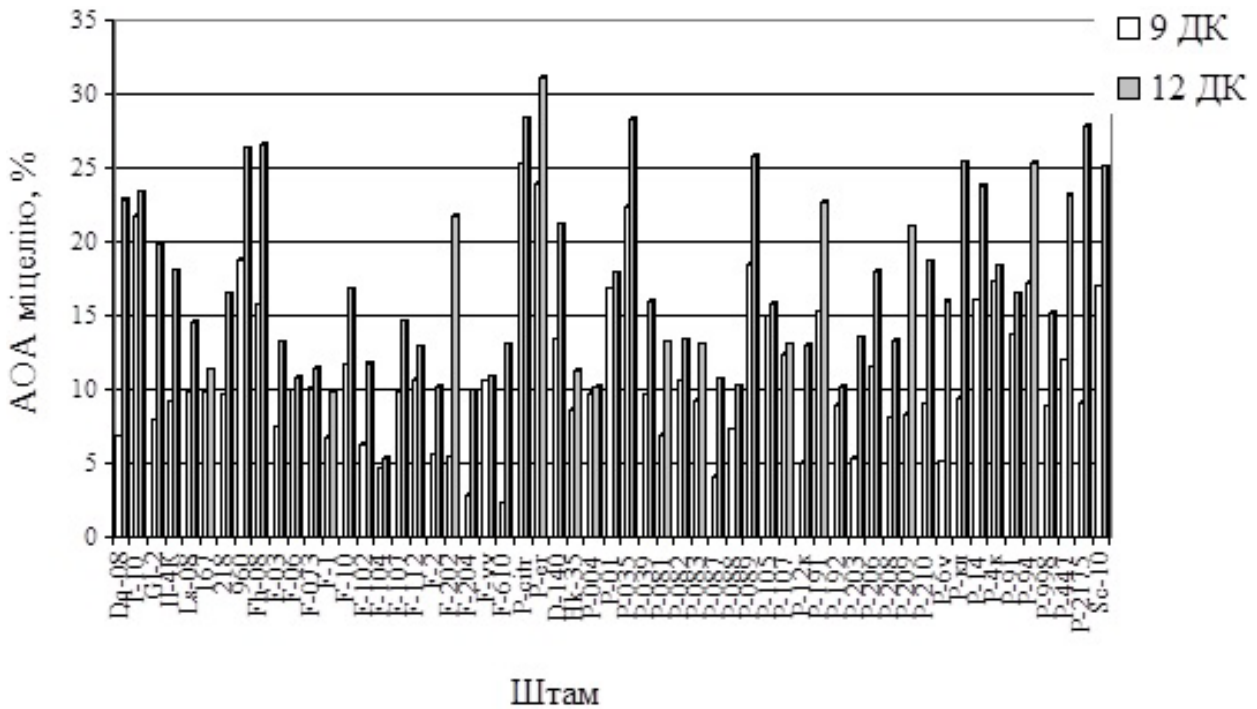


Рис. 2. Загальна антиоксидантна активність міцелію штамів базидіоміцетів на 9-ту (9 ДК) та 12-ту (12 ДК) добу культивування.

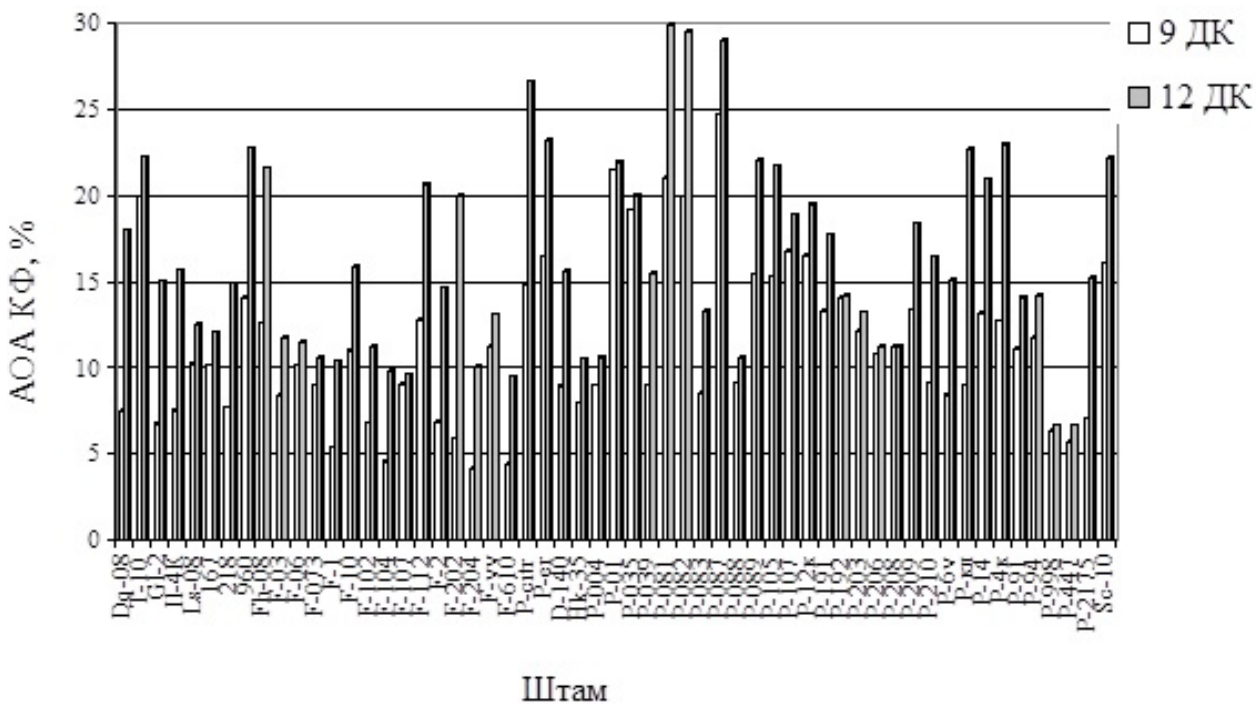


Рис. 3. Загальна антиоксидантна активність КФ штамів базидіоміцетів на 9-ту (9 ДК) та 12-ту (12 ДК) добу культивування.

До першої групи, з рівнем АОА понад 20%, відносяться 18 штамів: Dq-08, T-10, 960, Fh-08, F-202, P-citr, P-er, P-035, D-140, P-089, P-191, P-209, P-кл, P-14, P-94, P-447, P-2175 та Sc-10. Лідером тут є штам *P. eryngii* P-er ($31,2 \pm 1,14\%$), далі в порядку зниження АОА йдуть штами *P. citrinopileatus* P-citr ($28,5 \pm 1,25\%$), *P. ostreatus* P-035 ($28,3 \pm 2,07\%$), *F. hepatica* Fh-08 ($26,6 \pm 2,45\%$), *A. cylindracea* 960 ($26,4 \pm 1,86\%$) і ін.

Другу найбільшу групу, зі значеннями АОА міцелію від 10 до 20%, складають 32 штами: Gl-2, П-4к, Ls-08; 167, 218, F-03, F-06, F-073, F-10, F-102, F-107, F-112, F-202, F-vv, Hk-35, P-004, P-01, P-035, P-039, P-081, P-082, P-083, P-105, P-107, P-191, P-206, P-208, P-210, P-91, P-6v, P-4к та P-998.

В групу з низьким, до 10% рівнем АОА міцелію, відносяться 8 штамів: P-004, P-087, P-088, P-192 гливи звичайної та F-1, F-104, F-2, F-204 зимового опенька. Для штаму F-104 зафіксоване найнижче значення загальної АОА міцелію, яке дорівнює 5,4±0,57%.

Зафіксовано значну загальну антиоксидантну активність культурального фільтрату (рис. 3), яка обумовлена екзогенними метаболітами штамів базидіоміцетів.

Розподіл штамів за цим показником наступний.

У групу з найбільшими значеннями АОА КФ – понад 20%, входять 15 штамів: T-10, 960, Fh-08, P-citr, P-er, P-01, P-081, P-082, P-087, P-089, P-105, P-кл, P-14, P-4к та Sc-10. Лідерами тут є штами роду гливи: P-081 (29,9±2,34%), P-082 (29,5±2,25%), P-087 (29,0±1,05%) та P-citr (26,6±1,36%). Варто відмітити, що в цю групу не входить жодний штам виду *F. velutipes*.

Найбільшу групу, з середніми значеннями АОА КФ від 10 до 20%, складає 31 штам: Dq-08, Gl-2, П-4к, Ls-08; 167, 218, F-03, F-06, F-10, F-102, F-112, F-2, F-202, F-vv, D-140, P-035, P-039, P-083, P-107, P-12к, P-191, P-192, P-203, P-206, P-208, P-209, P-210, P-6v, P-91, P-94 та P-2175.

Одинадцять культур із загальною АОА КФ на 12-ту добу росту, що менше чи дорівнює 10% складають третю групу штамів: F-073, F-1, F-104, F-107, F-204, F-610, Hk-35, P-004, P-088, P-447 та P-998.

У всіх варіантах дослідів спостерігали вікове зростання реестрованих показників, що пояснюється знаходженням культур в експоненціальній фазі росту. При цьому фіксували індивідуальне для кожного штаму зниження рН культуральної рідини. Це відбувається внаслідок декількох причин: по-перше, поглинанням кисню та виділенням CO₂ культурою і утворенням H₂CO₃, по-друге, біосинтезом сполук кислоти природи (Fedotov, 2007), по-третє, вичерпанням з різною швидкістю поживних речовин та поступовим накопиченням в культуральній рідині продуктів метаболізму. В подальшому, вказані процеси негативно впливатимуть на ріст та продуктивність міцеліальних культур базидіоміцетів, чого можна уникнути переходом на керований глибинний спосіб їх культивування.

ВИСНОВКИ

Таким чином, визначення та порівняння загальної антиоксидантної активності в динаміці росту деяких штамів базидіоміцетів при їх поверхневому періодичному культивуванні на глюкозо-пептонному середовищі дозволяє стверджувати наступне.

Найбільш продуктивними за показником накопичення абсолютно сухої біомаси є штам *F. velutipes* F-610 та штам *P. eryngii* P-er. Найнижчі значення накопичення біомаси зафіксовані для штамів *P. ostreatus* P-14 і P-192 та штаму *P. citrinopileatus* P-citr.

Найпродуктивніші штами базидіоміцетів за рівнем загальної антиоксидантної активності міцелію можна представити у вигляді послідовності: *P. eryngii* P-er, > *P. citrinopileatus* P-citr, > *P. ostreatus* P-035, > *F. hepatica* Fh-08 > *A. cylindracea* 960.

За найвищим рівнем загальної АОА культурального фільтрату досліджені штами базидіоміцетів розташовуються у послідовності: *P. ostreatus* P-081 > P-082 > P-087 > *P. citrinopileatus* P-citr.

Не встановлено залежності між реестрованими показниками росту та антиоксидантної активності 9-ти та 12-ти денних культур грибів.

Біосинтетично активні штами базидіоміцетів – продуценти природних антиоксидантів можуть бути використані в якості біологічних агентів у біотехнології.

Дослідження виконано в рамках програми прикладних досліджень Міністерства освіти і науки України (проект № 0115U000090). Висловлюємо щирю подяку науковим співробітникам відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України за співпрацю, надані матеріали Колекції культур шапинкових грибів (ІВК), що має статус Національного надбання України.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Белозерская Т.А. Активные формы кислорода и стратегия антиоксидантной защиты у грибов / Т.А. Белозерская, Н.Н. Гесслер // Прикладная биохимия и микробиология. – 2007. – Т.43, №5. – С. 565-575.

- Вассер С.П. Лекарственные шляпочные грибы: история, современное состояние, тенденции и нерешенные проблемы в их изучении / С.П. Вассер. // *Макромицеты: лекарственные свойства и биологические особенности*. – К., 2012. – С. 5-45.
- Владимиров Ю.А. Свободные радикалы в биологических системах // *Сорос. образоват. журн.* – 2000. – № 12. – С. 13-19.
- Волошко Т.Є. Скринінг штамів базидіоміцетів за активністю антиоксидантних оксидоредуктаз / Т.Є. Волошко, О.В. Федотов // *Мікробіологія і біотехнологія*. – Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечнікова, 2011. – №. 4(16). – С. 69-81.
- Дудка И.А. Методы экспериментальной микологии. / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
- Капич А.Н. Сопряжение перекисного окисления липидов с деградацией лигнина у дереворазрушающих базидиомицетов / А.Н. Капич. // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты* : сб. науч. тр. – 2011. – Т. 3. – С. 316-335.
- Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
- Сирчін С.О. Оцінка антиоксидантної активності деяких дикорослих макроміцетів. / С.О. Сирчін, Г.А. Гродзинська. // *Укр. ботан. журн.* – 2015. – 72(3). – С. 257-260.
- Федотов О.В. Колекція культур шапинкових грибів – основа мікологічних досліджень та стратегії збереження біорізноманіття базидіоміцетів / О.В. Федотов, О.В. Чайка, Т.Є. Волошко, А.К. Велигодська // *Вісник Донецького університету, Сер. А: Природничі науки*, вип. 1. – Донецьк: ДонНУ, 2012. – С. 209-213.
- Чайка О.В. Оцінка екологічного стану довкілля з використанням прооксидантно-антиоксидантної активності культур базидіоміцетів / О.В. Чайка, О.В. Федотов. // *Біоресурси і природокористування*. – Т. 6. – № 1-2, 2014. – С. 5-11.
- Asatiani M.D. Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants / M.D. Asatiani, V. Elisashvili, G. Songulashvil, A.Z. Reznick, S.P. Wasser. // *Progress in Mycology* / Eds M. Rai, G. Kövics. – Springer, 2010. – P. 311-326.
- Fedotov O.V. Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes / O.V. Fedotov – *Plant and Microbial Enzymes: isolation, characterization and biotechnology applications* – Tbilisi: Myza, 2007. – P. 125-129.
- Kalač P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushroom / P. Kalač. // *J. Sci Food Agric.* – 2013. – 93. – P. 209-218.
- Kirk P.M. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi. 9th ed. / P.M. Kirk, P.F. Cannon, J.C. David, J.A. Stalpers – Wallingford, CAB International, 2001. – 655 p.
- Mau J.L. Antioxidant properties of several medicinal mushrooms / J.L. Mau, H.C. Lin, C.C. Chen. // *J. Agr. Food Chem.* – 2002. – 50(21). – P. 6072-6077.
- Radzki W. Antioxidant capacity and polyphenolic content of dried wild edible mushrooms from Poland / W. Radzki, A. Sławińska, E. Jabłońska-Ryś, W. Gustaw. // *Int. J. Med. Mushrooms.* – 2014. – 16(1). – P. 65-75.
- Selvi S. In vitro Antioxidant and Antilipidperoxidative potential of *Pleurotus florida* / S. Selvi, P. Chinnaswamy. // *Anc. Sci. Life.* – 2007. – 26(4). – P. 11-17.
- Winquist E. Production of lignin modifying enzymes on industrial waste material by solid-state cultivation of fungi / E. Winquist, U. Moilanen, A. Mettala. // *Biochem. Eng. J.* – 2008. – V. 42. – P. 128-132.

REFERENCES

- Asatiani, M.D., Elisashvili, V., Songulashvil, G., Reznick, A.Z., Wasser, S.P. (2010). Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants. *Progress in Mycology*, 311–326.
- Baraboy, V.A., Orel, V.E., Karnaukh, I.M. (1991). *Perekisnoye okisleniye i radiatsiya*. Naukova Dumka, Kiev. (in Russian).
- Belozerskaya, T.A., Gessler, N.N. (2007). Aktivnyye formy kisloroda i strategiya antioksidantnoy zashchity u. *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya*, 43(5), 565–575. (in Russian).
- Chayka, O.V., Fedotov, O.V. (2014). Otsinka ekolohichnoho stanu dovkillya z vykorystanniam prooksydantno-antyoksydantnoyi aktyvnosti kultur bazydiomitsetiv. *Bioresursy i Pryrodokorystuvannya*, 6(1–2), 5–11. (in Ukrainian).
- Dudka, Y.A., Vasser, S.P., Éllanskaya, Y.A. (2003). *Metody eksperimental'noy mikologii*. Nauk. dumka, Kiev. (in Russian).
- Fedotov, O.V. (2009). Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes. *Plant and Microbial Enzymes: isolation, characterization and biotechnology applications*, 125–129.

- Fedotov, O.V., Chayka, O.V., Voloshko, T.E., Velyhods'ka, A.K. (2012). Kolektsiya kultur shapynkovykh hrybiv – osnova mikolohichnykh doslidzhen ta stratehiyi zberezhennya bioriznomanittyta bazydiomitsetiv. *Visnyk Donets'koho universytetu*, 1, 209–213. (in Ukrainian).
- Kalač, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushroom. *J. Sci Food Agric*, 93, 209–218.
- Kapich, A.N. (2011). Sopryazheniye perekisnogo okisleniya lipidov s degradatsiyey lignina u derevorazrushayushchikh bazidiomitsetov. *Mikrobnyye biotekhnologii: fundamental'nyye i prikladnyye aspekty*, 3, 316–335. (in Russian).
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008). *Dictionary of the fungi*. CABI, Wallingford, 655.
- Mau, J.L., Lin, H.C., Chen, C.C. (2002). Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *J. Agr. Food Chem.*, 50(21), 6072–6077.
- Prisedskiy, Y.G. (1999). *Statystychna obrobka rezul'tativ biolohichnykh eksperymentiv*. Kassiopeya, Donetsk, 210. (in Ukrainian).
- Radzki, W., Sławińska, A., Jabłońska-Ryś, E., Gustaw, W. (2014). Antioxidant capacity and polyphenolic content of dried wild edible mushrooms from Poland. *Int. J. Med. Mushrooms*, 16(1), 65–75.
- Selvi, S., Chinnaswamy, P. (2007). In vitro Antioxidant and Antilipidperoxidative potential of *Pleurotus florida*. *Anc. Sci. Life*, 26(4), 11–17.
- Syrchin, S.O., Hrodzynska, H.A (2015). Otsinka antyoksydantnoyi aktyvnosti deyakykh dykoroslykh makromitsetiv. *Ukr. botan. Zhurn*, 72(3), 257–260. (in Ukrainian).
- Vladimirov, Y.A., Archakov, A.I. (1972). *Perekisnoye okisleniye lipidov v biologicheskikh membranakh [Lipid peroxidation in biological membranes]*. Nauka, Moskva. (in Russian).
- Voloshko, T.E., Fedotov, O.V. (2011). Skrynih shtamiv bazydiomitsetiv za aktyvnisty antyoksydantnykh oksydoreduktaz, *Microbiology & Biotechnology*, 4(16), 69–81. (in Ukrainian).
- Wasser, S.P. (2011). Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 89, 1323–1332.
- Winqvist, E., Moilanen, U., Mettala, A. (2008), Production of lignin modifying enzymes on industrial waste material by solid-state cultivation of fungi. *Biochem. Eng. J.*, 42, 128–132.