

Т.А. Круподьорова, В.Ю. Барштейн

Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України», вул. Осиповського, 2а, Київ, 04123,
тел.: +38(044) 462 72 59, e-mail: yemets@list.ru

АЛЬТЕРНАТИВНІ СУБСТРАТИ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ТА ЇСТІВНИХ ГРИБІВ

*Досліджена здатність деяких видів лікарських та їстівних грибів з різних систематичних та екологічних груп біотрансформувати відходи харчової промисловості (биту вермішель, відхід борошномельного виробництва – крупку, відхід кондитерського виробництва – какаоделу) та рослинництва – відходи CO₂-екстракції (шпроти з *Echinopsa purpurea* (L.) Moench, *Himulus lupulus* L., *Amaranthus caudatus* L.). За показником накопичення біомаси визначені перспективні альтернативні субстрати для культивування 17 досліджених видів грибів.*

Ключові слова: гриби, культивування, відходи харчової промисловості, відходи рослинництва.

Наявність багатьох біологічно активних речовин в грибах відділу Basidiomycota та Ascomycota обумовлює виробництво, на їх основі, рядом фірм (переважно зарубіжних) нутрицевтиків, біологічно активних добавок, функціональних харчових продуктів, дієтичних добавок, профілактично-лікувальних та косметичних препаратів [14]. Основою для створення вищезазначеної продукції є плодові тіла, міцелій або культуральна рідина. Використання плодових тіл викликає деякі труднощі: обмеження збору в природі внаслідок погіршення екологічної ситуації та скорочення площ природних лісів; необхідність додаткового оброблення ґрунту та приміщення; витрати ресурсів (вода, електрична енергія), тривалість процесу вирощування (від 3 місяців). Тому, останнім часом перспективним напрямом вважається глибинне та поверхнєве культивування грибів. В той же час, наявність біологічно активних речовин у плодових тілах грибів суттєво не відрізняється від такої у міцелію грибів (при значно менших витратах ресурсів) [3].

З точки зору економіки та охорони навколишнього середовища інтерес дослідників викликає використання для вирощування міцелію грибів відходів харчової промисловості та рослинництва.

Встановлена висока ефективність застосування для промислового вирощування міцелію вищих грибів залишків переробки цукрового буря-



ку — меляси (з 32 видів вищих базидіоміцетів здатність до її засвоєння виявили 15) [3, 4, 10]. Дешевим та перспективним субстратом для росту підстилкових, сапротрофних та корпотрофних видів грибів вважають різні продукти переробки картоплі: очистки, нестандартну картоплю, клітинний сік, тощо [3, 4, 10], для деяких ксилотрофних видів — крохмальну крупку (відход виробництва крохмалю) [8]. Певні позитивні результати отримано вченими з використання відходів молочної промисловості — молочної сироватки для вирощування базидіальних ксилотрофів [3, 4, 7, 8, 10, 12]. Цікаві показники синтезу біомаси грибами отримано на виноградних, яблуневих вичавках, коньячній та післяспиртовій барді [3, 5] та на депротейнізованих екстрактах трав [3].

Для інтенсивного культивування грибів з решток сільського господарства використовувались: солома злаків, листя бананів, «шкарлупа» кокосових горіхів та шкірочка ананасів, відходи виробництва бавовни, вівсяні висівки, подрібнені стрижні кукурудзи, залишки переробки кави та цукрового очерету, відходи чаю, лушпиння соняшникового насіння [9, 11].

Зважаючи на значне видове різноманіття грибів та широкий спектр відходів харчової промисловості та рослинництва пошук нових субстратів і проведення скринінгу видів грибів здатних їх утилізувати залишається доцільним і актуальним.

Мета нашої роботи — пошук альтернативних субстратів на основі відходів харчової промисловості та рослинництва та скринінг видів лікарських та їстівних грибів з різних систематичних та екологічних груп, здатних біотрансформувати вибрані субстрати.

Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були штами їстівних та лікарських грибів з різних систематичних та екологічних груп з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України [6]: ксилотрофи — *Flammulina velutipes* (Curt.:Fr.) Sing. 600, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. 453, *Schizophyllum commune* Fr. 1768, *Griifola frondosa* (Dicks.) S.F. Gray 976, *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. 1701, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. 1900, *Fomes fomentarius* (Fr.) Gill. 355, *Phellinus igniarius* (Fr.) Quel. 298, *Inonotus obliquus* (Pers.) Pilat. 1877, *Trametes versicolor* (L.) Quel. 353, *Hericiium erinaceum* (Bull.) Pers. 970, *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Kast. 327, *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. 355, *Laetiporus sulfureus* (Bull.) Murrill 352; ентомофіли — *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. 1928, *Cordyceps militaris* (L.) Link. 207; гумусовий сапротроф — *Coprinus comatus* (O.F.Myll.) Pers. 137.

Субстратами для поверхневого культивування досліджуваних видів грибів були відходи харчової промисловості України: бита вермішель та відхід борошномельного виробництва (надалі крупка) ВАТ «Київська макаронна фабрика» (надалі — «КМФ»), какаоелла та відходи рослинництва — побічні продукти CO₂-екстракції: CO₂-шрот амаранту *Amaranthus*



caudatus L. (сорт Геліос), CO₂-шрот ехінацеї *Echinacea purpurea* (L.) Moench, CO₂-шрот хмелю *Humulus lupulus* L. (дослідне виробництво Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України» та ПМКФ «Ганоль» (м. Кіровоград). Субстрати використовували у кількості 60 г на 1 літр дистильованої води. Субстрат стерилізували в автоклаві у колбах об'ємом 0,25 л чи мікробіологічних матрацах 40 хв. при 1 атм.

Після стерилізації субстрат інокулювали міцелієм досліджуваних видів грибів, що був попередньо вирощений на чашках Петри з глюкозо-пептон-дріжджовим середовищем (г/л): глюкоза — 25,0; пептон — 3,0; дріжджовий екстракт — 2,0; KН₂РО₄ — 1,0; К₂НРО₄ — 1,0; MgSO₄ · 7 Н₂О — 0,25. Інокульовані субстрати інкубували у термостаті при температурі 26–28 °С 14 діб.

Ріст грибів оцінювали за абсолютно сухою масою міцелію, який відфільтровували і висушували при 105 °С до постійної ваги з подальшим зважуванням на аналітичних терезах. Критерієм первинного відбору і оцінки перспективності культивування грибів на різних субстратах обрано кількість синтезованої грибами біомаси [4].

Повторність дослідів трикратна, результати експериментів оброблено методами математичної статистики з використанням програм статистичного аналізу Microsoft Office Excel, різницю між середніми величинами вважали достовірною за $P < 0,05$ [1].

Результати та обговорення

Вдалим субстратом, сприятливим для росту грибів, виявилась біта вермішель «КМФ» (рис. 1), об'єми якої при виробництві нормальної вермішелі становлять близько 5 т на місяць. Активним деструктором бітої вермішелі був ксилотроф *S. commune*. Слід відзначити, що на цьому живильному субстраті добре росли ще 6 видів грибів з різних екологічних груп: ксилотрофи (*F. velutipes*, *F. fomentarius*, *L. edodes*), ентомофільні гриби (*C. sinensis*, *C. militaris*) та гумусовий сапротроф (*C. comatus*). Близькі види грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, *C. sinensis* та *C. militaris* характеризувались подібними показниками синтезу біомаси. Особливий інтерес викликав ріст *L. edodes* (17,7 г/л), який відомий своєю примхливістю та вибагливістю до субстратів.

За результатами проведених досліджень найкращим субстратом для вирощування досліджуваних видів грибів слід вважати крупку (об'єм на виробництві «КМФ» досягає 3–5 т на місяць), на якій отримано максимальні показники росту для більшості видів грибів (рис. 1). Основну частину крупки становить крохмаль (з масовою часткою 56–70%), який є оптимальним джерелом вуглецевого живлення для багатьох видів базидіоміцетів [4, 10]. Подібність за складом двох субстратів обумовила гарний ріст деяких грибів на бітій вермішелі і активний їх ріст на крупці (рис. 1). Адже, зі зменшенням розміру частинок, збільшується питома



поверхня, яка є доступною для грибів, й швидкість засвоєння субстрату відповідно зростає.

Слід відмітити, що біомаса *H. erinaceum* виросла у 2,4 разу, біомаса *I. obliquus* — у 1,8 разу, а біомаси *C. sinensis* та *G. lucidum* — у 1,7 разу. Збільшилась також з 7 до 12 кількість видів грибів, що утворювали біомасу понад 15 г/л. Найкраще на крупці продукував біомасу *S. commune*. Майже однакову кількість міцеліальної маси синтезовано різними видами ксилотрофів — *G. lucidum* (25,6 г/л) та *F. velutipes* (25,4 г/л). Показники накопичення біомаси близьких видів грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, *C. sinensis* та *C. militaris* дещо відрізнялись (рис. 1).

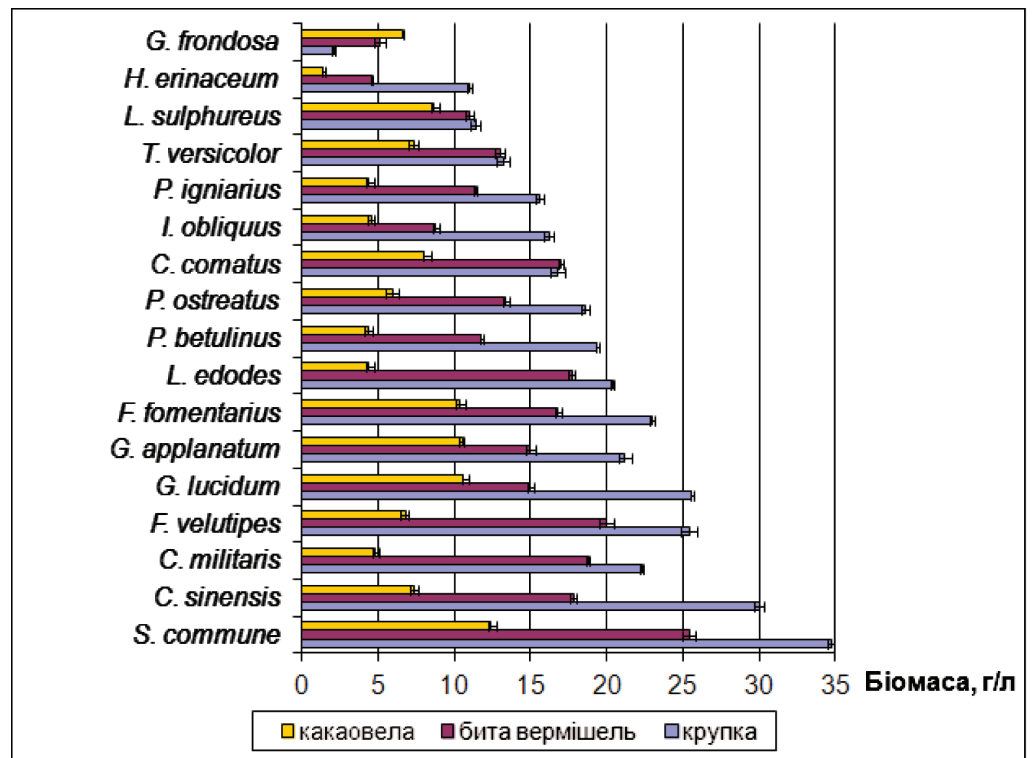


Рис. 1. Накопичення біомаси при вирощуванні грибів на відходах харчової промисловості

Fig. 1. Mushrooms biomass accumulation in the process of cultivation on the food industry waste

Гіршим субстратом для культивування досліджених видів грибів була какао-вела. На даному субстраті гриби росли досить повільно, про що свідчить кількість синтезованої ними міцеліальної маси — від 1,4 до 12,4 г/л (рис. 1). Дані показники росту можуть бути обумовлені обмеженим спектром вуглеводів (крохмалем) у складі такого субстрату. Найкраще ріс дереворуйнівний гриб *S. commune*. Майже однакову кількість біомасу продукували різні види: *G. lucidum* і *F. fomentarius*, *C. sinensis*

і *T. versicolor*, *I. obliquus*, *P. betulinus* і *P. igniarius*. Проте, близькі види грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, так саме як *C. sinensis* та *C. militaris* утворювали досить різну кількість біомаси.

Значний інтерес викликає утилізація побічного продукту CO₂-екстракції — шротів, адже даний продукт є екологічно безпечним і корисним з точки зору наявності біологічно активних сполук [2]. Нашу увагу привернув CO₂-шрот ехінацеї *Echinacea purpurea* L. (Moench). За показником утворення максимальної кількості біомаси грибами, найліпшим субстратом для культивування *P. ostreatus* (19,6 г/л), виявилась *E. purpurea* (рис. 2), що обумовлено багатим складом субстрату [2]. Деякі види клисотрофних грибів утворювали однакову кількість міцелію: *G. frondosa* (14,0 г/л), *F. velutipes* (13,8 г/л), *S. commune* (13,8 г/л) та *F. fomentarius* (13,4 г/л). Дещо меншу кількість міцеліальної маси (6,6–7,4 г/л) на даному субстраті на одному кількісному рівні синтезували 7 видів грибів, з яких 2 види — це ентомофільні гриби, 1 — гумусовий сапротороф і 4 — ксилотрофа. Близькі види грибів — *C. sinensis* та *C. militaris* на відміну від *G. lucidum* і *G. applanatum*, характеризувались подібними показниками синтезу біомаси.

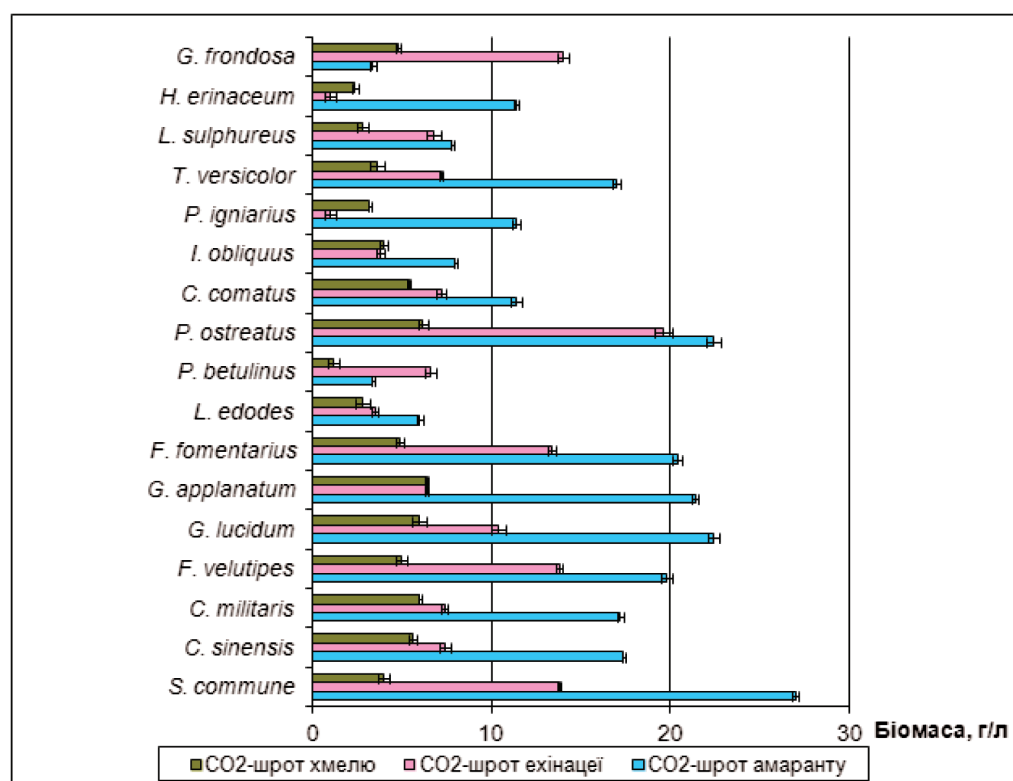


Рис. 2. Накопичення біомаси при вирощуванні грибів на відходах рослинництва

Fig. 2. Mushrooms biomass accumulation in the process of cultivation on plant growing waste

В процесі вуглекислотної екстракції шишок хмелю вилучаються не всі біологічно активні речовини. В CO_2 -шроті залишаються поліфенольні сполуки, мінеральні речовини, органічні кислоти, а також частина гірких кислот, ефірних масел та амінокислоти [2]. Проте всі досліджені нами види грибів синтезували досить незначну кількість біомаси на CO_2 -шроті хмелю *Humulus lupulus* L. (рис. 2). Близькі види грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, *C. sinensis* та *C. militaris* утворювали однаково кількість біомаси.

Потенційними субстратами для культивування грибів є продукти переробки насіння амаранта (борошно, шрот, висівки), які мають багатий хімічний склад [13]. Дослідження росту 17 видів їстівних та лікарських видів грибів на поживному середовищі з CO_2 -шроту амаранту свідчать про те, що на цьому середовищі значну кількість біомаси (понад 15 г/л) синтезували ксилотрофні види *S. commune*, *P. ostreatus*, *G. lucidum*, *G. applanatum*, *F. fomentarius*, *F. velutipes*, *T. versicolor* та ентомофільні гриби *C. sinensis*, *C. militaris* (рис. 2). Однакові показники росту на рівні 11,4 г/л встановлено для гумусового сапротрофу — *C. comatus* і двох ксилотрофів — *H. erinaceum* *P. igniarius*. Близькі види грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, *C. sinensis* та *C. militaris* мали аналогічні показники росту.

Ефективність використання альтернативних субстратів для культивування грибів встановлювали у порівнянні з результатами росту на найбільш вживаному для культивування більшості видів грибів комерційному субстраті — глюкозо-пептон-дріжджовому середовищі (ГПД) (рис. 3) і з урахуванням продуктивності продуцента біомаси не менше 10 г/л за умов первинного відбору при поверхневому його культивуванні.

За результатами проведених експериментів для 17 досліджених видів грибів підібрано перспективні альтернативні субстрати для їх культивування. Слід виділити два види грибів, які активно росли на 4 субстратах *F. velutipes* (тут та надалі — в порядку зменшення біомаси, або рівності цього показника: крупка>бита вермішель>шрот амаранту>шрот ехінацеї) та *P. ostreatus* (шрот амаранту>шрот ехінацеї>крупка>бита вермішель). Більшість грибів з різною інтенсивністю утилізували 3 субстрати: *C. sinensis*, *C. militaris*, *I. obliquus* (крупка > бита вермішель > шрот амаранту), *G. lucidum*, *S. commune*, *F. fomentarius* (крупка > шрот амаранту > бита вермішель), *C. comatus* (крупка = бита вермішель > шрот амаранту), *P. igniarius* (крупка > бита вермішель = шрот амаранту), *G. applanatum* (шрот амаранту = крупка > бита вермішель), *T. versicolor* (шрот амаранту > крупка = бита вермішель). Ксилотрофні види *L. edodes*, *P. betulinus*, *L. sulphureus* добре накопичували біомасу як на борошні, так і на вермішелі, а *H. erinaceum* — на борошні та шроті амаранту. Найбільш вибагливим до субстрату був вважаємо *G. frondosa*, який мав кращі показники росту лише на шроті ехінацеї ніж на глюкозо-пептонно-дріжджовому середовищі. Відзначимо, що для культивування більшості видів грибів бита вермішель, крупка та CO_2 -шрот амаранту є



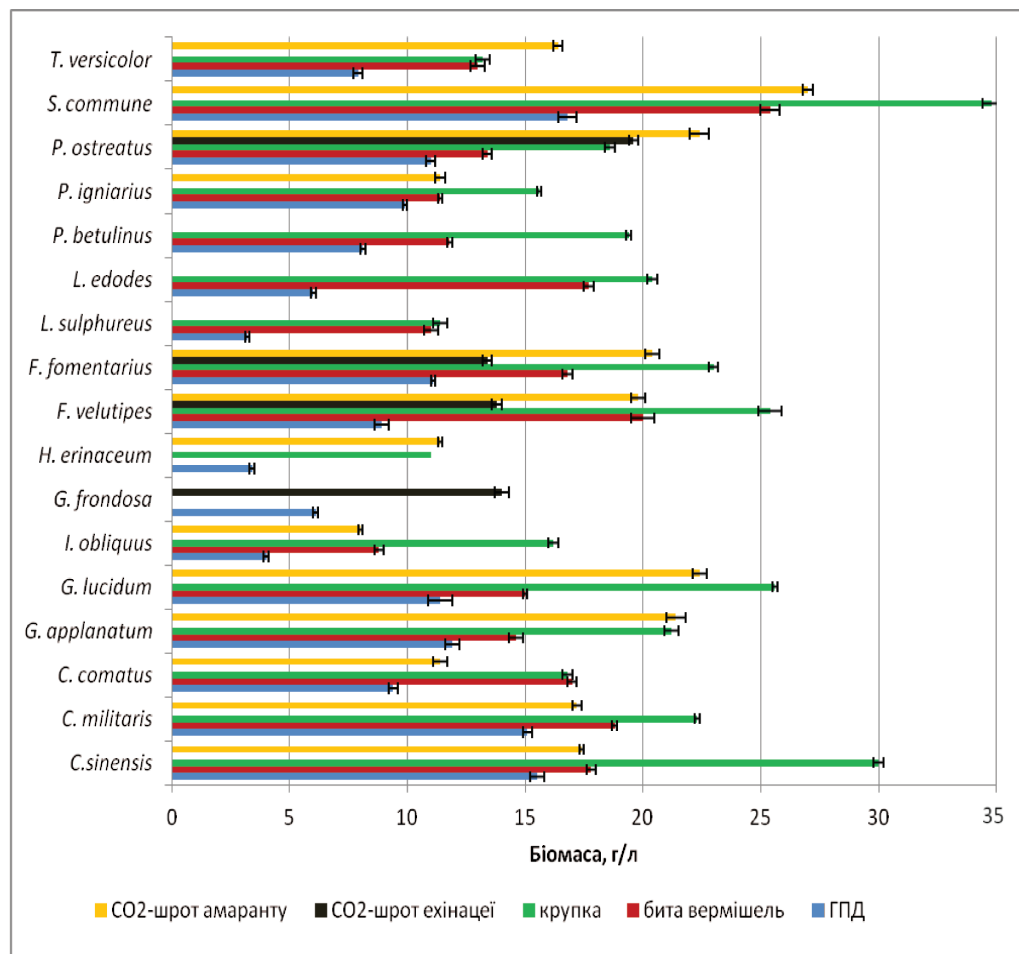


Рис. 3. Порівняльна характеристика ефективності використання субстратів різними видами грибів

Fig. 3. Comparative analysis of the efficiency of substrates use by different mushrooms species

перспективними альтернативними субстратами. За показником накопичення міцеліальної маси, на наш погляд, необхідно продовжити вивчати особливості росту та синтезу метаболітів *S. commune*, *C. sinensis*, *G. lucidum* та *F. velutipes* на крупці «КМФ» та *S. commune*, *G. lucidum*, *G. applanatum*, *P. ostreatus* та *F. velutipes* на CO₂-шроті амаранту.

Таким чином, всі досліджені види грибів росли з різною інтенсивністю на обраних відходах харчової промисловості та рослинництва. Для 17 досліджених видів грибів підбрано перспективні альтернативні субстрати для їх культивування. Для вирощування більшості видів грибів доцільно використовувати відходи макаронного виробництва — бити вермішель, відхід борошномельного виробництва — крупку та відхід рослинництва — CO₂-шрот амаранту.

Найбільш невибагливими грибами, здатними добре рости на більшості досліджених субстратів слід вважати *F. velutipes* та *P. ostreatus*, найбільш вибагливим до якості субстратів — *G. frondosa*. Активним деструктором субстратів з максимальною кількістю синтезованої біомаси є ксилотрофний гриб *S. commune*. Близькі види грибів — *G. lucidum* і *G. applanatum*, *C. sinensis* та *C. militaris* мали аналогічні показники росту на битій вермішелі і CO₂-шротах.

Утилізація відходів харчової промисловості та рослинництва за допомогою грибів дозволяє вирішити два завдання: використати біологічно активні речовини, що залишаються у відходах та зменшити забруднення оточуючого середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антономов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. — К.: ФМД, 2006. — 558 с.
2. Барштейн В.Ю. Современные экстракционные технологии и создание функциональных продуктов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. — Харків: НТУ «ХПІ». — 2008. — № 43. — С. 36–42.
3. Бисько Н.А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н.А. Бисько, А.С. Бухало, С.П. Вассер. — К.: Наукова думка, 1983. — 312 с.
4. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / А.С. Бухало. — К.: Наук. думка, 1988. — 144 с.
5. Єжов В.М. Біотехнологічні основи виробництва білка і пектину з відходів переробки плодів та винограду / В.М. Єжов, Г.Г. Валуйко, О.С. Луканін, І.Р. Клечак. — К.: Урожай, 1993. — 120 с.
6. Каталог колекції культур шапинкових грибів ІБК / А.С. Бухало, Н.Ю. Митропольская, О.Б. Михайлова. — К.: «Алтерпрес», 2011. — 100 с.
7. Капич А.Н. Глубинное культивирование дереворазрушающих базидиальных грибов на молочной сыворотке / А.Н. Капич, И.В. Стахеев, В.Г. Бабицкая // Микология и фитопатология. — 1984. — Т. 18, № 6. — С. 478–483.
8. Круподьорова Т.А. Ріст *G. applanatum* (Perst.) Pat. і *Ganoderma lucidum* (Curt.) P. Karst. та синтез екзополісахаридів в умовах глибинного культивування / Т.А. Круподьорова // Біотехнологія. — 2011. — Т. 4, № 6. — С. 60–65.
9. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Практические рекомендации / под. ред. А.С. Бухало. — К.: «Чернобыльинтеринформ», 2004. — 128 с.
10. Лобанок А.Г. Микробный синтез на основе целлюлозы: белок и другие ценные продукты / А.Г. Лобанок, В.Г. Бабицкая, Ж.Н. Богдановская. — Мн.: Наука и техника, 1988. — 261 с.



11. Ломберг М.Л. Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі [Текст]: автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.21 / М.Л. Ломберг; Інститут ботаніки НАН України — К., 2005. — 20 с.

12. Смирнов Д.А. Углеводы глубинной культуры *Ganoderma lucidum*: образование, характеристика [Текст]: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.07 / Д.А. Смирнов; Институт микробиологии НАН Беларуси — Минск, 2007. — 23 с.

13. Цымбал И.М. Биологическая ценность побочных продуктов CO₂-экстракции семян амаранта / И.М. Цымбал, Е.И. Битюкова, Н.А. Шмалько // Сб. статей и докладов девятой научн.-практ. конф. с междуна. уч. «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (14-15 декабря 2006), Барнаул, 2006. — С. 7—9.

14. Wasser S.P. Medicinal mushroom science: history, current status, future trends, and unsolved problems / S.P. Wasser // Intern. J. Med. Mushr. — 2010. — Vol. 12. — P. 1—16.

UDK 582.28:57.017.6:67.08

Т.А. Krupodorova, V.Yu. Barshteyn

Institute of Food Biotechnology and Genomics, NASU, 2a, Osipovskogo str., Kyiv, 04123, Ukraine, tel.: +38(044) 462 72 59, e-mail: yemets@list.ru

ALTERNATIVE SUBSTRATES FOR MEDICINAL AND EDIBLE MUSHROOMS CULTIVATION

Summary

The ability of medicinal and edible mushrooms species from different systematic and ecological groups for biotransformation of food industry waste (broken vermicelli, flour-grinding manufacture waste — fine wheat flour, confectionery industry waste — cacao bean shell powder) and plant growing waste — CO₂-extraction waste (*Echinбsea purpъrea* (L.) Moench, *Humulus lupulus* L., *Amaranthus caudatus* L. meal) was studied. The perspective alternative substrates for 17 mushroom species cultivation according to biomass accumulation index were determined.

Key words: mushrooms, cultivation, food industry waste, plant-growing waste.



УДК 582.28:57.017.6:67.08

Т.А. Круподерова, В.Ю. Барштейн

Государственное учреждение «Институт пищевой биотехнологии и геномики
Национальной академии наук Украины»,
ул. Осиповского, 2а, 04123, Киев, Украина, тел.: +38 (044) 462 72 59,
e-mail: yemets@list.ru

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СУБСТРАТЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ И СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ

Реферат

Изучена способность некоторых видов лекарственных и съедобных грибов из разных систематических и экологических групп биотрансформировать отходы пищевой промышленности (битую вермишель, отход мукомольного производства — крупку, отход кондитерской промышленности — какао-веллу) и растениеводства — отходы CO_2 -экстракции (шроты из *Echinops purpurea* (L.) Moench, *Humulus lupulus* L., *Amaranthus caudatus* L. По показателю накопления биомассы определены перспективные альтернативные субстраты для культивирования 17 исследованных видов грибов.

Ключевые слова: грибы, культивирование, отходы пищевой промышленности, отходы растениеводства.

Одержано 23.01.2012.

