

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.10 – МР. 1998“С” 2023.11.01. 21 ПЗ

ЗАВАРІН МИХАЙЛО АНДРІЙОВИЧ

2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

УДК 602.4

ПОГОДЖЕНО
ЗАХИСТУ

Декан факультету
захисту рослин, біотехнологій та
екології

(назва факультету (ННІ))

_____ **Коломієць Ю.В.**
(підпис) (ПІБ)

“ ___ ” _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО

Завідувач кафедри
фізіології, біохімії рослин та
біоенергетики

(назва кафедри)

_____ **Прилуцька С.В.**
(підпис) (ПІБ)

“ ___ ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Використання *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer в біотехнології»
Спеціальність 162 “Біотехнології та біоінженерія”

(код і назва)

Освітня програма _____ **“Екологічна біотехнологія та біоенергетика”**
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ **освітньо-професійна** _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор сільськогосподарських наук, професор _____ **Лісовий М.М.**
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор біологічних наук, доцент _____ **Бойко О.А.**
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

_____ **Заварін М.А.**
(підпис) (ПІБ студента)

Київ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри фізіології,
біохімії рослин та біоенергетики

доктор біологічних наук _____ Прилуцька С.В.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

“ _____ ”

2024 року

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Заваріну Михайлу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 162 «Біотехнологія та біоінженерія» _____

(код і назва)

Освітня програма _____ «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Використання *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer в біотехнології»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “01”11 2023 р. № 1998 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____ 15.11.2024

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи склад агропромислових відходів до ферментації і ферментовані.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати здатність істівних грибів до біоконверсії відходів та продукування, при цьому, максимального кількості плодових тіл або міцелію;

2. Дослідити біологічні властивості грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer за різних умов їх росту і розвитку;

3. Здатність грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer до біоконверсії різних відходів.

Дата видачі завдання “ 1 ” жовтня _____ 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Бойко О.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Заварін М.А.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана обсягом 57 сторінок формату А4, яка містить 2 таблиці, 1 рисунок, 40 літературних джерела і 3 додатки.

Актуальність теми. У сучасну епоху зросла динаміка надходження різних видів відходів у навколишнє середовище, у тому числі рослинних залишків, це робить необхідним їх раціонально використовувати. Крім того, стійке зростання попиту на певні види сільськогосподарських культур також призводить до збільшення відходів від їх виробництва та споживання. У середовищі, залежно від екологічних умов, спонтанна біоконверсія рослинних відходів ксилотрофними грибами, також призводить до збільшення кількості рослинних відходів. Варто зазначити, що кількість відходів, що утворюються у навколишньому середовищі, оцінюється у мільярди тонн, і невчасна утилізація є однією з основних причин екологічних порушень довкілля.

Метою роботи є отримання в процесі біоконверсії агропромислових відходів високобілкових, багатих на біологічно активні речовини грибів.

Для вирішення мети були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати здатність їстівних грибів до біоконверсії відходів та продукування, при цьому, максимального кількості плодових тіл або міцелію.

2. Дослідити біологічні властивості грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer за різних умов їх росту і розвитку.

3. Здатність грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer до біоконверсії різних відходів.

Об'єкт дослідження – склад агропромислових відходів до ферментації і ферментовані.

Предмет дослідження – плодове тіла *Volvariella volvacea*.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Біологічна характеристика їстівних і лікарських грибів.	7
1.2. Переробка та використання їстівних грибів.	18
1.3. Базидієві гриби як засоби переробки та утилізації лігноцелюлозних відходів.	26
РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	31
2.1. Матеріали дослідження	31
2.2. Методи отримання порошка із плодових тіл.	32
2.3. Методика обробки субстратів.	41
2.4. Методи підготовки середовищ.	41
РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
3.1. Використання агропромислових відходів для біоконверсії.	34
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	40
ДОДАТКИ	43

ВСТУП

У сучасну епоху зростає динаміка надходження різних видів відходів у навколишнє середовище, у тому числі рослинних залишків, це робить необхідним їх раціонально використовувати. Крім того, стійке зростання попиту на певні види сільськогосподарських культур також призводить до збільшення відходів від їх виробництва та споживання. У середовищі, залежно від екологічних умов, спонтанна біоконверсія рослинних відходів ксилотрофними грибами, також призводить до збільшення кількості рослинних відходів [2]. Варто зазначити, що кількість відходів, що утворюються у навколишньому середовищі, оцінюється у мільярди тонн, і невчасна утилізація є однією з основних причин екологічних порушень довкілля.

Тому необхідний аналіз ксилотрофних грибів, щоб відібрати найактивніших продуцентів для переробки рослинних відходів, а також має бути забезпечене їх використання у біотехнологічних процесах. Відомо, що гриби, а також макро та мікрорміцети є невід'ємною частиною процесу утилізації відходів, що утворюються під час збирання врожаю [3]. З цього погляду гриби є основним компонентом безвідходних технологічних процесів. Як правило, технологічна сутність процесу біоконверсії рослинних відходів полягає в тому, що полісахариди з гомогенною та гетерогенною структурою, включаючи целюлозу, геміцелюлозу, пектин та лігнін, піддаються впливу ферментів, що синтезуються грибами. Ферменти – це ідентичні позаклітинні білкові речовини, які збагачують відходи білковими сполуками, а також сприяють біоперетворенню полісахаридів [3].

У той же час можливе зростання їстівних грибів на рослинних відходах, які сприяють біорозкладанню рослинних відходів і тим самим сприяють чистоті навколишнього середовища, а також можливості одержання рослинних кормів, збагачених білками та іншими поживними елементами. Враховуючи, що їстівні гриби не синтезують токсини чи будь-які шкідливі вторинні метаболіти, стає очевидним важливість використання цих грибів як

безпечного біотехнологічного об'єкта. Це значно розширює спектр використання рослинних відходів у господарстві.

Метою роботи є отримання в процесі біоконверсії агропромислових відходів високобілкових, багатих на біологічно активні речовини грибів.

Для вирішення мети були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати здатність їстівних грибів до біоконверсії відходів та продукування, при цьому, максимального кількості плодових тіл або міцелію.

2. Дослідити біологічні властивості грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer за різних умов їх росту і розвитку.

3. Здатність грибів *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer до біоконверсії різних відходів.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біологічна характеристика їстівних і лікарських грибів.

Їстівні гриби - це різновид грибів, які можуть утворювати різноманітні плодові тіла. Завдяки поживному складу, приємному смаку та аромату вони здавна використовуються в їжу та застосовуються в народній медицині в різних куточках світу [4]. У природі існує понад 2000 видів їстівних грибів, близько 200 видів культивуються в промислових масштабах або експериментально [4]. З них 20 видів культивуються в промислових масштабах, наприклад *Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes* (шіїтаке), *Pleurotus* spp. (глива), *Auricula auricula*, *Flamulina velutipes*, *Volvariella volvacea* та ін. [5]. Їстівні гриби можна розділити на їстівні та лікарські види відповідно до їх основного застосування. Наприклад, *Lentinus edodes*, *Flamulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus* використовуються в нашому щоденному раціоні, тоді як *Ganoderma lucidum*, *Cordyceps sinensis* зазвичай використовуються як ліки [6]. Їстівні гриби мають велику харчову цінність, оскільки вони є джерелом білка, харчових волокон, незамінних амінокислот, вітамінів і мінералів і мають відносно низький вміст жиру та калорій [6]. Відповідні дослідження підтвердили, що їстівні гриби містять різноманітні біологічно активні сполуки, такі як полісахариди, алкалоїди, стероїди, поліфеноли [6] тощо. Більшість із цих сполук відповідають за біологічну активність їстівних грибів, включаючи антиоксидантну, протипухлинну, антибактеріальну, гіполіпідемічну, імунорегуляторну діяльність [6], а також регуляцію рівня цукру в крові та артеріального тиску [4]. Сьогодні все більше і більше дослідників вказують на те, що немає простого розрізнення між їстівними та медичними грибами, оскільки багато звичайних їстівних видів мають терапевтичні властивості, а деякі з них, які використовуються в медичних цілях, також їстівні [7].

В останні роки споживання їстівних грибів зросло, оскільки люди все більше усвідомлюють, що здорове та збалансоване харчування відіграє ключову роль у нормальному функціонуванні організму та підтримці

здоров'я. За оцінками, світове споживання грибів на ринку становить близько 12,74 млн тонн, яке, як очікується, досягне 20,84 млн тонн до 2026 року [7]. Більш високий темп зростання ринку їстівних грибів пояснюється їх дедалі більшою прийняттю для харчування і медичних цілей.

З розширенням світової промисловості їстівних грибів комерційне виробництво та розповсюдження їстівних грибів значно зросло. Вчені поглибили дослідження біологічно активних компонентів і функціональних характеристик їстівних грибів і продуктів їх переробки. Використання їстівних грибів з високою доданою вартістю стало новою гарячою точкою та новою тенденцією в останні роки. Однак систематичного та всебічного огляду поживних компонентів і функціональних властивостей, а також високо цінної обробки та використання їстівних грибів досі немає.

Поживно-функціональні компоненти їстівних грибів.

Їстівні гриби вважаються здоровою їжею, оскільки вони є багатий біологічно активними сполуками, включаючи полісахариди, дієтична клітковина, білки, незамінні амінокислоти, вітаміни, мінеральні елементи, терпеноїди, стероїди, похідні аденозину. Ці біоактивні компоненти стали популярними джерелами природних антиоксидантів, протипухлинні, антивікові, гіполіпідемічні та імуномодулюючі засоби.

Полісахариди.

Їстівні полісахариди грибів є одними з багатообіцяючих для здоров'я сполуки з чудовими поживними та терапевтичними властивостями. Один з основних їстівних полісахаридів грибів є β -глюкан, в якому головний ланцюг є гребінчастою структурою і складається з β -(1-3)-зв'язаних зв'язків групи глюкози та групи глюкози, зв'язані β -(1-6), випадковим чином розподілені по головному ланцюгу [7]. Встановлено, що полісахариди їстівних грибів залежать від типу, молекулярної маси, розгалуження та структурної конформації, проявляють різні біологічні діяльності через взаємодію з різними рецепторами. Виділяють полісахариди їстівних грибів з 8 грибів включаючи *Flammulina velutipes*, *G. lucidum*, *Hericiium edodes*, *Pleurotus* spp.,

Lentinus edodes, *Pleurotus eryngii* тощо. Всі полісахариди в їстівних грибах володіють сильною антиоксидантною активністю, особливо полісахариди в *G. lucidum* і *Lentinus edodes*. Також виявили, що полісахариди *Tremella fuciformis*, екстраговані гарячою водою, в основному склалися з манози а та уронової кислоти, полісахариди можуть протистояти ультрафіолетовим променям і запобігати ефекту старіння шкіри, пригнічуючи захист антиоксидантних ферментів. Полісахарид лентинан може посилити вбивчу дію на пухлинні клітини шляхом регулювання імунної функції організму. Полісахариди, отримані з чорного гриба, який в основному складався з глюкози (72%), фруктози (10%), ксилоза (10%) і маноза (8%), може підвищити активність антиоксидантних ферментів крові та серця та покращити параметри функції серця, напр. фракція викиду лівого шлуночка та часткове вкорочення короткої осі лівого шлуночка [23]. Показано, що новий полісахарид, виділений з *G. lucidum* під назвою PSG-1, сприяє протипухлинній активності через опосередкований мітохондріями апоптоз [24]. Крім того, деякі дослідження показали, що полісахариди їстівних грибів виявляють протидіабетичну дію, запобігаючи клітинному окислювальному стресу, сприяючи регенерації острівцевих клітин, збільшуючи споживання глюкози та біосинтез глікогену, а також запобігаючи іншим ускладненням, пов'язаним з діабетом [25-27]. Інші біологічні дії полісахаридів їстівних грибів включають лікування артеріосклерозу, протизапальну, знеболювальну, розвіювальну дію при ревматизмі, зниження артеріального тиску, полегшення кашлю та детоксикацію. Полісахариди їстівних грибів є одними з найпопулярніших функціональних сполук головним чином завдяки їх різноманітній біологічній активності. Таким чином, виробництво та використання полісахаридів їстівних грибів, особливо для харчових продуктів і нутрицевтиків, матиме широку перспективу застосування та велике економічне та соціальне значення. Для вилучення цих біологічно активних полісахаридів із їстівних грибів сьогодні доступні звичайні методи екстракції та широкий спектр передових методів екстракції. Традиційні

методи екстракції полісахаридів їстівних грибів зазвичай передбачають використання води або хімікатів (лугів або кислот) як екстрагента разом із високою температурою. Полісахариди, екстраговані з 4 їстівних грибів, включаючи *Ganoderma lucidum*, *Grifola umbellate*, *Volvariella volvacea* та *Tremella fuciformis* за допомогою екстракції гарячою водою (НАЕ), мали активність поглинання супероксиду та гідроксильних радикалів [32]. Після НАЕ зазвичай проводять лужну або кислотну екстракцію для максимального відновлення полісахаридів із їстівних грибів. Кислотні та лужні обробки спричиняють руйнування та деградацію клітинних стінок і структуру грубих волокон, що дозволяє вивільнити внутрішньоклітинні полісахариди та екстракцію кислото- та лужнорозчинної фракції.

Полісахариди з *Pleurotus ostreatus* послідовно екстрагували гарячою водою та 1 моль/л розчинами гідроксиду натрію/боргідриду натрію. Результати показали, що вихід стадії лужної екстракції був вищим, ніж екстракції гарячою водою, а полісахарид зі стадії лужної екстракції містив розгалужені β -(1-3)/(1-6)-глюкани з конформацією потрійної спіралі [34]. Відбувся швидкий розвиток передових технологій екстракції, зосереджених на екстракції полісахаридів із їстівних грибів, таких як екстракція за допомогою ультразвуку (ОАЕ), екстракція за допомогою мікрохвиль (МАЕ), екстракція за допомогою надвисокого тиску (УРЕ), екстракція за допомогою ферментів екстракція (ЕАЕ) і екстракція за допомогою електричного поля (РЕФАЕ).

Ці технології екстракції мають такі переваги, як екологічність, менший час обробки та високий вихід екстракції. Alzorqі та ін. витягли β -D-глюкан з гриба *Ganoderma* за допомогою НАЕ та UAE. Вміст β -D-глюкану шляхом екстракції ОАЕ (44,42 мг/г) був вищим, ніж НВЕ (37,73 мг/г). Крім того, процес UAE має значно нижче енергоспоживання до 12 разів (0,6 і 7,2 кВт-год) з вищою швидкістю вилучення завдяки значно меншому робочому часу (1 і 16 год). Гіл-Рамірес та ін. екстрагували збагачені полісахаридами фракції (PEF) з 13 грибів за допомогою МАЕ. Врожайність отриманих ПЕФ із грибів,

включаючи *Auricularia auricula*, *Agrocybe aegerita*, *Amanita caesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Cantharellus cornucopioides*, *Cantharellus lutescens*, *Cantharellus tubaeformis*, *Hypsizygus marmoreus*, *Lactarius deliciosus*, *Morchella conica*, *P. eryngii* і *Pleurotus pulmonarius* коливався від 12,1% до 44,2%, а вміст полісахаридів у цих грибах був у діапазоні від 51,1% до 68,2%. Автори порівняли екстракти *A. bisporus*, отримані різними методами екстракції: екстракцією під тиском (PE), екстракцією під тиском за допомогою імпульсного електричного поля (PEF) і НАЕ, і результати показали, що поєднання обробки PE та PEF виглядає досить ефективним. перспективний для отримання прозорих екстрактів грибів з високою колоїдною стабільністю та високим вмістом свіжоподібних білків і полісахаридів. Очікується, що ці передові технології екстракції будуть поступово використовуватися для вилучення полісахаридів грибів у найближчому майбутньому, а витягнуті полісахариди їстівних грибів мають гарну перспективу застосування в продуктах харчування та медицині.

Харчові волокна.

Їстівні гриби є багатим джерелом харчових волокон (DF), які мають різні корисні ефекти для здоров'я. DF їстівних грибів в основному складався з β -глюканів, хітину, геміцелюлози та маннанів. β -Глюкан є основним компонентом DF їстівних грибів і існує як у розчинних, так і в нерозчинних фракціях харчових волокон. Існує велика варіація вмісту DF їстівних грибів у різних видів. Попередні дослідження показали, що загальний вміст DF у *Pleurotus tuber-regium*, *Grifola* та *Poria* був у діапазоні 79,9%–81,7%, 71,5%–85,9% та 96,3%–96,5% відповідно. Сюе та ін. виявили, що загальний DF у шиїтаке становить 49,5% від сухої ваги, і він продемонстрував чудову водоутримувальну здатність (5,7 г/г) і маслоутримувальну здатність (3,1 г/г). Споживання їстівних грибів як частини нашого щоденного раціону може легко забезпечити 25% рекомендованого дієтичного споживання DF. DF є одним із найважливіших компонентів їстівних грибів і має ряд біологічних активностей. Сприятливий вплив їстівних грибів DF на здоров'я, який

вивчали, включає підвищення імунітету, протипухлинну дію, а також зниження рівня глюкози в крові, ліпідів крові та холестерину в крові. Чжан та ін. отримали їстівні гриби DF з гарячим лугом з *Pleurotus tuber-regium* і виявили, що їстівні гриби DF належать до типу β -глюканів із середньою молекулярною масою в діапазоні 1×10^4 – $42,2 \times 10^4$ Да. Експерименти *in vitro* показали, що лужнорозчинні β -глюкани виявилися ефективними в інгібуванні проліферації пухлини в 3 концентраціях (50, 100 і 200 мкг/мл) у напрямку до ліній пухлинних клітин. Сюе та ін. досліджували структуру та гіполіпідемічні ефекти 3 розчинних ДФ, екстрагованих з *Lentinula edodes*, і результати показали, що в концентраціях 50, 200 та 4000 мг/мл було виявлено, що розчинний ДФ має ефективний інгібуючий вплив на накопичення ліпідів у Клітини HepG2 і ліпазу підшлункової залози, які могли б забезпечити теоретичне керівництво для лікування ожиріння.

Основними методами отримання харчових волокон є видалення компонентів, що не є DF, включаючи білок і крохмаль, шляхом ферментативного гідролізу. Розчинні харчові волокна (SDF) екстрагують водою або іншим водним розчином, а нерозчинний залишок відновлюють як нерозчинні харчові волокна (IDF) [26]. Крім того, деякі фізичні методи обробки, такі як екструзія, високий тиск, мікрохвильова піч тощо, викликають руйнування клітинних стінок і деградацію структури харчових волокон, перетворюючи водний IDF у водний SDF. Екстракцію під високим тиском застосовували для вилучення SDF з побічних продуктів *L. edodes*, і вихід SDF становив 13,06%, що було вище, ніж у *A. bisporus* (1,42%) і *Agrocybe chaxingu* (6,70%). Сюе та ін. повідомили, що обробка екструзією покращила вміст SDF і змінила фізико-хімічні та функціональні властивості DF з *L. edodes*. Здатність до адсорбції глюкози та індекс затримки жовчних кислот екстродованого DF з *L. edodes* збільшилися на 0,46 мг/мг і 28% відповідно, що свідчить про те, що DF *L. edodes*, отриманий за допомогою екструзійної обробки, може бути використаний як потенційний інгредієнт у функціональному харчові продукти. Нині ФР їстівних грибів

використовується недостатньо, оскільки багато видів їстівних грибів не вивчені. З прогресом у молекулярній біології структура та біоактивність їстівних грибів ДФ, особливо хітину, геміцелюлози та маннанів, будуть з'ясовані більш чітко. Передбачається розвиток промислового виробництва грибного ДФ та продуктів з високим вмістом клітковини, збагачених грибним ДФ.

Білок і амінокислоти.

Їстівні гриби є значним джерелом білка. Вміст білка в їстівних грибах становить 19–40 % на суху речовину, що вище, ніж у більшості овочів. Протягом останніх кількох років у їстівних грибах було виявлено та виділено велику кількість білків із цікавою біологічною активністю, таких як лектини [18], імуномодулюючі білки грибів (FIP) [19], білки, що інактивують рибосоми (RIP), антимікробні або протигрибкові білки, рибонуклеази та лаккази. Часто використовуваний протокол для виділення та очищення білків їстівних грибів є таким: їстівні гриби екстрагували буферними розчинами, потім екстрагований неочищений білок додатково очищали осадженням сульфатом амонію, ультрафільтраційними мембранами, діалізом, іонообмінною хроматографією (DEAE-целюлоза, SP-Sepharose та ін.), афінна хроматографія (Affi-gel синій гель, фетуїн-сефароза та ін.) і гель-фільтраційна хроматографія. Хоча доступно все більше повідомлень про виділення, очищення та функції білків їстівних грибів, ці методи виділення білка зазвичай займають багато часу, мають низький вихід і високу вартість. Тому дуже важливо розробити нові методи масового виробництва цих біоактивних білків.

Їстівний грибний білок також містить усі види амінокислот, і вісім незамінних амінокислот займають 25–45% від загальної кількості амінокислот. Попередні дослідження показали, що лізин і лейцин були присутні у великих кількостях в їстівних грибах, тоді як їх вміст у зерні був низьким. Белухан та ін. досліджували амінокислоти 10 популярних дикорослих хорватських видів їстівних грибів і виявили, що треонін (8,98

мг/г) і лізин (5,74 мг/г) представляють найбільшу кількість амінокислот. Пісня та ін. виявили, що вміст вільних амінокислот у *F. velutipes* становив до 20,23%, а вміст лізину та аргініну був значно вищим, ніж в інших грибах. Лізин і аргінін сприяють зміцненню фізичного здоров'я та інтелектуального розвитку дітей, тому *F. velutipes* відомий як гриб, що підвищує інтелект. Екстракцію та виділення вільних амінокислот (FAA) з їстівних грибів зазвичай здійснюють методами водної екстракції або кислотної екстракції з подальшою депротейнізацією метанолом і хроматографією. Dong та ін. [17] екстрагували FAA з грибів шиітаке водою протягом 1 хв при 80°C. Екстракт був додатково очищений депротейнізацією метанолом, і був розроблений метод LC-MS/MS для розділення та ідентифікації 20 FAA в грибах шиітаке. Raojary та ін. повідомили, що найбільше відновлення FAA було отримано, коли гриби екстрагували водою кімнатної температури протягом 180 хв. Загальний вміст FAA у шиітаке, глинах, грибах чайного дерева, білих, коричневих і портобелло (*A. bisporus*), отриманих за оптимальних умов екстракції, становив 41,4, 77,62, 27,38, 70,30, 92,9 і 80,7 мг/г сухої речовини. відповідний зразок.

Вітаміни.

Їстівні гриби також є хорошим джерелом вітамінів з високим вмістом вітаміну B2, B1, B12, C і D, ніацину, фолатів, ергостеролу (провітамін D2) [19]. Вміст вітаміну C у їстівних грибах такий же, як і в овочевих, а для солом'яного гриба та *H. erinaceus* цей показник вищий. Деякі їстівні гриби, такі як *Cantharellus* та *Armillaria*, містять вищий рівень вітаміну A. Плодове тіло їстівних грибів, у свіжому або обробленому вигляді, багате стеролами, які можуть перетворюватися на вітамін D2 під дією ультрафіолетового випромінювання. Повідомлялося, що деякі їстівні гриби, включаючи *A. bisporus*, *L. edodes* і *Pleurotus cystidus*, містять цікавий рівень вітаміну D після впливу ультрафіолету [19]. Моралес та ін. [22] екстрагували сполуки, збагачені вітаміном D, з *L. edodes* за допомогою надкритичної рідинної екстракції в поєднанні з УФ-опроміненням. Було отримано екстракт, що

містить до 18% (м/м) ергостеролу та інших похідних ергостеролу, які можна перетворити на вітамін D2 і вітамін D4 за допомогою ультрафіолетового опромінення. Xiong та ін. [23] досліджували та аналізували вміст вітаміну B1 і B2 у шести видах їстівних грибів, зібраних у провінції Юньнань, Китай. Вони виявили, що вітаміни B1 і B2 присутні у великих кількостях як у диких, так і в культивованих їстівних грибах.

Інші функціональні компоненти.

На додаток до вищезазначених компонентів, інші біологічно активні сполуки, такі як мінеральні елементи, ганодерова кислота, терпеноїди, нуклеозиди, були ідентифіковані на широкому спектрі їстівних грибів, а також повідомлялося про їх поживну та антиоксидантну дію. Їстівні гриби вважаються продуктом, багатим на такі мінеральні елементи, як Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na і Zn. Наприклад, було виявлено, що вміст калію в *A. bisporus* становить 640 мг/100 г сухої ваги, що можна вважати хорошим джерелом калієвої поживної добавки [24]. *Lentinus*, *Agaricus blazei* Murrill і *A. auricula* мають велику кількість Zn, Ca і Cu [95], а плодове тіло *Boletus badius* містить не тільки високі рівні Ca, Mg і P, які є необхідними для організму людини, але також містить такі мікроелементи, як Zn, Cu та Fe [26]. Повідомлялося, що мінеральні елементи відіграють важливу роль у формуванні кісток, гемоглобіну та цитохромів, підтримці осмотичного тиску та кислотно-лужного балансу в організмі, а також діючи як кофактори ферментів. Їстівні гриби також містять мікроелементи, такі як селен і германій, які можуть підвищити імунну функцію організму, затримати старіння, захистити печінку та запобігти пухлинам і серцево-судинним захворюванням. Дослідження показали, що ганодерова кислота, виділена з *G. lucidum*, має сильну біологічну активність, таку як зниження рівня ліпідів у крові, захист печінки, детоксикацію, а також антиоксидантну, антибактеріальну та протизапальну дію [29].

Wasser [10] виділив 14 сесквітерпенових сполук з міцелію армілярії, і, як повідомляється, сесквітерпенові сполуки мають багато фізіологічних

активностей, таких як протипухлинна, антибактеріальна, протизапальна, антивірусна та гіполіпідемічна активність. Методи екстракції терпеноїдів, у тому числі ганодерової кислоти, з їстівних грибів включають екстракцію органічним розчинником, екстракцію за допомогою мікрохвиль та екстракцію Сокслета, використовуючи етанол, метанол, етилацетат або петролейний ефір як екстрагент [10]. Лі та ін. повідомили про екстракцію ганодерових кислот (GA) з міцелію *G. lucidum* за допомогою 50% водного розчину етанолу, що містить 50 ммоль/л HCl як екстрагента. Вихід GA-Mk, -S, -T і -R становив 4,53, 3,37, 18,67 і 4,58 мг/г висушеного міцелію відповідно. Рю та ін. повідомили про вилучення ганодерових кислот із *G. lucidum* за допомогою екстракції етанолом за допомогою ультразвуку. За оптимізованих умов 64,2–70 °C і часу екстракції 1,2 години було досягнуто найвищої антиоксидантної активності та вмісту ГК. Розділення та очищення терпеноїдів зазвичай включає колонкову хроматографію (силікагель, оксид алюмінію, Sephadex LH-20), високоефективну рідинну хроматографію та газову хроматографію [103]. Крім того, похідні аденозину вважаються одними з найважливіших активних інгредієнтів багатьох їстівних грибів, таких як *G. lucidum*, *Lentinus*, *Grifola gargar* тощо. Повідомляється, що вони знижують в'язкість крові, пригнічують агрегацію тромбоцитів, прискорюють кровообіг і покращують здатність постачати кисень до серця і мозку. Похідні аденозину шиітаке включають циклічний аденозинмонофосфат (цАМФ), циклічний гуанозинмонофосфат (цГМФ) і циклічний цитидинмонофосфат (цЦМФ). Серед них повідомляється, що цАМФ регулює метаболізм, пригнічує ріст клітин або сприяє диференціації клітин. Сполука аденозину, виділена з *Grifola gargar*, може збільшити транс-локацію Glut4 з цитоплазми в цитомембрану за допомогою модуляції сигнальних молекул PI3 K/Akt і фосфорилування AMPK у міотубах L6, таким чином запобігаючи постпрандіальній гіперглікемії та ЦД2. Методи екстракції нуклеозидних сполук із їстівних грибів включають екстракцію водою, етанолом або метанолом. Екстрагований розчин нуклеозиду додатково очищали шляхом

депротеїзації та хроматографії. Rojary та ін. повідомили про екстракцію нуклеозидних сполук із гриба шиітаке, гливи, гриба чайного дерева та білих, коричневих печериць і печериць (*A. bisporus*) за допомогою водної екстракції. За оптимальних умов екстракції (70 °C, 30 хв) вихід нуклеозидних сполук для шести грибів коливався від 0,92 мг/г до 4,12 мг/г зразка сухої речовини відповідно.

1.2. Переробка та використання їстівних грибів.

Завдяки цінним поживним компонентам і чудовим функціональним властивостям розробці функціональних харчових продуктів або фармацевтичних продуктів із їстівних грибів привернуто багато уваги. У наш час переробку та використання їстівних грибів можна розділити на три етапи: на першому етапі їстівні гриби продають або споживають у вигляді сушених і свіжих овочів; на другому етапі їстівні гриби переробляються в зручні харчові продукти, такі як соуси, консерви або мариновані продукти; третій етап — виробництво продуктів здорового харчування, функціонального харчування та лікарських препаратів на основі їстівних грибів, а також комплексна утилізація побічних продуктів їстівних грибів, таких як ніжки грибів та мікориза. Дослідження показали, що цінність їстівних грибних продуктів після глибокої обробки може бути покращена в 3-4 рази порівняно з цінністю сировини. Але сьогодні їстівні продукти на основі грибів на китайському ринку – це переважно продукти первинної обробки, такі як чисті овочі, мариновані гриби з низьким вмістом цукру, консервовані гриби, закуски або продукти швидкого приготування тощо.

Збереження їстівних грибів.

Вміст води в багатьох видах свіжих їстівних грибів становить до 90%, таких як шиітаке, *A. bisporus*, *Pholiota nameko*, *Volvariella volvacea*, *Pleurotus* spp., *F. velutipes* та ін. Такі свіжозібрані їстівні гриби часто швидко розм'якшуються і буріють під час зберігання, що знижує їхню товарну цінність. Щоб уникнути харчових і сенсорних втрат і продовжити термін

зберігання їстівних грибів, багато вчених вивчали технологію консервування їстівних грибів. Рой та ін. і Moda вивчали техніку захисту від опромінення *A. bisporus* і *Pleurotus* spp. гриби. Вони виявили, що за належної інтенсивності опромінення втрата поживних компонентів і потемніння кольору грибів зменшуються, а дозрівання гальмується, що зберігає свіжість і подовжує термін зберігання грибів. Murr та ін. виявили, що активність протеази *A. bisporus* демонструє тенденцію до зростання при зберіганні, а активність протеази знижується зі зниженням температури, що сповільнює старіння та зберігає колір і якість тіла гриба. Antmann та ін. виявили, що обробка CO₂ у високих і низьких концентраціях може ефективно пригнічувати фізіологічну швидкість метаболізму та інтенсивність дихання грибів, що подовжує термін зберігання та підвищує ринкову вартість продукту. Попередні дослідження довели, що попереднє охолодження у вакуумі є технікою збереження ефекту для їстівних грибів. Попереднє вакуумне охолодження не лише рівномірно та швидко охолоджувало, але й помірно зневоднювало гриби, подовжуючи термін зберігання продуктів. Для їстівних грибів були застосовані інші технології збереження, такі як збереження модифікованої атмосфери і збереження озону [20].

Використання їстівних грибів.

В останні роки переробка та використання їстівних грибів, особливо для здорового харчування, функціональної їжі та фармацевтичних застосувань, досягли значного прогресу, але в цій галузі досліджень ще багато місця. З метою реалізації високоцінного та комплексного використання всіх штамів їстівних грибів вчені в усьому світі провели багато досліджень, і було досягнуто значного прогресу в галузі продуктів харчування, медицини, медичних біологічних матеріалів, пакувальних матеріалів та корм для тварин. Їстівні гриби в основному складаються з плодових тіл і міцелію. Міцелій може поглинати поживні компоненти та перетворювати культуральний матеріал для забезпечення росту плодового тіла, тоді як плодове тіло можна споживати безпосередньо для харчових або

медичних цілей. Високоцінне використання їстівних грибів головним чином зосереджується на специфічній обробці їстівних грибів як сировини, екстракції функціональних сполук і використанні їстівних грибів як функціональних інгредієнтів у продуктах для здоров'я та краси, а також екологічно чистих матеріалів. Ринкова вартість їстівних грибів може бути підвищена більш ніж у 3 рази, тому потенційний ринковий попит і популярність дуже великі. Багато дослідників зазначають, що функціональні харчові продукти на основі їстівних грибів є одними з 10 найкращих харчових продуктів для здоров'я в 21 столітті, а також багато харчових добавок і фармацевтичних препаратів на основі їстівних грибів, таких як жувальні таблетки *Ganoderma*, таблетки *Amillariella mellea*, таблетки для захисту печінки та гриби. напої були випущені на ринок в азіатських країнах і користуються перевагою багатьох споживачів.

Використання міцелію їстівних грибів.

Міцелій є вегетативною нижньою частиною їстівних грибів і може утворювати заплутані мережі розгалужених волокон. Міцелій їстівних грибів в основному складається з хітину, целюлози, білка тощо [23]. Дослідники розробили багато методів вилучення біологічних сполук з міцелію їстівних грибів. Так, вони виділяли крестин, сізофілан, лентинан із культур міцелію *Coriolus*, *Pleurotus* spp. та *L. edodes* відповідно [24].

У галузі підготовки медичного біоматеріалу міцелій *G. lucidum* використовувався для приготування замінників шкіри, і результати тесту на шкірну травму на мишах показали, що через 30 днів цілюща дія міцелію *G. lucidum* була в основному подібною до дії міцелію *G. lucidum*. Препарат Бешітин [25]. Крім того, міцелій їстівних грибів багатий білком, який є ідеальним кормом для тварин. Деякі міцелії грибів, наприклад пивні дріжджі, можна безпосередньо використовувати як корм для тварин без подальшої обробки. Щоб покращити поживність і смак корму для тварин, міцелій зазвичай піддають мікробній ферментації або змішують із культуральним середовищем перед переробкою на корм. З одного боку, культуральне

середовище після ферментації міцелію містить різноманітні поживні компоненти, такі як білок міцелію, амінокислоти, жирні кислоти, цукри та мінеральні елементи. Повідомлялося, що після ферментації міцелію їстівного гриба вміст білка в поживному середовищі збільшується більш ніж у три рази, а вміст жиру — в раз [26]. З іншого боку, міцелій їстівних грибів може виробляти різні ферменти, які можуть значно зменшити вміст сирової клітковини та лігніну в культуральному середовищі, покращити смакові якості корму для тварин і створювати грибний аромат [27]. В даний час корми для тварин, виготовлені з міцелію їстівних грибів, вийшли на ринок і досягли хороших економічних переваг.

Міцелій їстівних грибів не переробляється безпосередньо в їжу, але може використовуватися як харчові інгредієнти та харчові смакові матеріали. Тому додавання міцелію до рецептури різних звичайних харчових продуктів і нутрицевтичних харчових продуктів для забезпечення корисних ефектів становить великий інтерес. Кім та ін. [28] вивчали виробництво аналогів м'яса, використовуючи як матеріал міцелій *A. bisporus*. Це дослідження показало, що порівняно з м'ясним аналогом на основі соєвого білка, м'ясний аналог на основі грибною міцелію мав кращі текстурні властивості та смак. Крім того, склероглюкан, який екстрагували з міцелію *Sclerotium glaucanicum* або *Sclerotium rolfssiiis*, можна використовувати як стабілізатор у десертах і соусах [29]. Улзіяргал та ін. використовували міцелій грибів *Phellinus linteus*, *Antrodia camphorata*, *H. erinaceus*, *A. blazei* для заміни 5% пшеничного борошна для приготування хліба. Вони виявили, що додавання 5% грибною міцелію в хліб не вплинуло негативно на профіль текстури хліба, і хліб містив значну кількість γ -аміномасляної кислоти та ерготіонеїну, які могли б сприятливо впливати на здоров'я. Однак, на додаток до цих продуктів, інший продукт міцелію грибів не розроблено. Тому використання міцелію грибів для виробництва нутрицевтичних та фармацевтичних препаратів потребує подальших досліджень.

Оскільки люди приділяють більше уваги екологічно чистим матеріалам, багато дослідників звернули увагу на їстівні гриби і досягли значного прогресу в цій галузі. Кустрім та ін. і Хао та ін. використовували міцелій грибів замість традиційних пластмас для виробництва пакувальних матеріалів. Вони виявили, що споживання енергії для пакувальних матеріалів на основі грибного міцелію становить 1/8 від традиційних пластикових пакувальних матеріалів, а викиди вуглекислого газу становлять лише 1/10 від пластикових пакувальних матеріалів. Крім того, дослідники з Університету Британської Колумбії Канади використовували міцелій гливи для виробництва будівельного матеріалу та екологічно чистої цегли. Подальші дослідження.

Використання плодових тіл їстівних грибів.

Через захворювання, пов'язані зі способом життя, люди стають більш обізнаними про побічні ефекти ліків і шукають інноваційні терапевтичні альтернативи. Таким чином, використання природних сполук у профілактиці захворювань і підтримці здоров'я привернуло велику увагу. Плодові тіла їстівних грибів відомі своєю харчовою цінністю та оздоровчими властивостями і здавна використовуються в народній медицині та харчуванні. Враховуючи біологічно активний потенціал їстівних грибів, зростає інтерес до використання їстівних грибів та їх біологічно активних сполук для виробництва різноманітних нутрицевтичних та функціональних харчових продуктів. У таблиці 2 узагальнено застосування їстівних грибів у функціональних харчових продуктах або інших харчових продуктах.

В даний час на ринку доступні деякі функціональні продукти харчування на основі плодових тіл їстівних грибів. До них відносяться порошки плодових тіл, гарячі водні або спиртові екстракти цих плодових тіл, сушені плодові тіла грибів у формі капсул або таблеток. *G. lucidum* протягом багатьох років використовувався в традиційній медицині у вигляді сухого порошку або гарячого водного екстракту. GanoPoly, екстракт полісахариду *G. lucidum*, і капсули GNC Ganoderma були визнані популярною дієтичною

добавкою, яку приймають здорові люди для зміцнення своєї імунної системи та хворі на рак. Лентинан, β -глюкан, виділений із гриба шиітаке, широко відомий своїми імуномодулюючими властивостями та використовується як протипухлинний засіб у Японії. Lentinex і LentinanXP - це надтонкий диспергований порошок лентінану, який використовується як популярна добавка в Європі та США. PSK, який був витягнутий з *Coriolus versicolor*, був перероблений у ін'єкційні агенти або порошки та широко використовувався як допоміжний засіб для лікування раку в Японії та Китаї [27].

Їстівні гриби також вважаються перспективним джерелом біологічно активних сполук для використання у виробництві більш здорових м'ясних продуктів. У початкових дослідженнях мелені гриби *Pleurotus sajor caju* змішували з курячими та яловичими котлетами як замітники м'яса з хорошими функціональними властивостями (вихідність при приготуванні, утримання вологи) та сенсорними властивостями при 25% заміни м'яса. Wang та ін. замінили частково нежирну свинину грибами під час обробки ковбаси, і вони виявили, що заміна нежирної свинини на рівні 25% має найкращі поживні та сенсорні властивості. Qing та ін. додали 4 види грибів у виробництво яловичої пасти, і вони виявили, що додавання їстівних грибів значно підвищило вміст вільних амінокислот, ароматичних амінокислот і летких сполук.

Деякі дослідники досліджували включення їстівних грибів та їх біологічно активних компонентів у зернові продукти, намагаючись покращити корисні для здоров'я властивості харчових продуктів. Кім та ін. замінили частину пшеничного борошна глюканами *L. edodes* для виробництва випічки. Вони виявили, що додавання належної кількості глюканів покращило пастоподібні властивості пшеничного борошна та збільшило в'язкість і еластичність тіста без негативного впливу на здатність утримувати повітря та твердість кінцевих продуктів. Parab та ін. [16] використовували порошок *Pleurotus sajor-caju* для приготування індійської

закуси. Снек, збагачений 20% грибним порошком, мав більшу кількість білка, мінеральних речовин і сирової клітковини.

На додаток до покращеного смаку, функціональних властивостей і поживної цінності продуктів на основі їстівних грибів, у деяких дослідженнях також вивчалася антимікробна здатність. Баррос та ін. [16] включили екстракти *B. edulis* Bull. у гамбургери з яловичиною, і вони виявили, що *B. edulis* Bull. екстракти захищали м'ясо від перекисного окислення ліпідів. Стойкович довів, що *B. edulis* Bull. екстракт можна використовувати як ефективний контрольний засіб проти бактерій, що викликають харчове отруєння, що може подовжити термін зберігання м'ясних продуктів [165].

Високоцінне використання плодових тіл їстівних грибів

Як важливі матеріали кухні для гурманів, існують суворі стандарти щодо розміру та форми їстівних грибів. Під час переробки первинної сільськогосподарської продукції їстівних грибів неминуче утворюється велика кількість грибних побічних продуктів, таких як грибна ніжка або дефектні гриби, які не в хорошому стані. Ці побічні продукти використовуються недостатньо, і вони зазвичай продаються за низькою ціною або безпосередньо викидаються, що призводить до марнування ресурсів і екологічних проблем. Тому розробка та утилізація цих грибних субпродуктів набуває особливого значення.

З розвитком і зрілістю технології обробки їстівних грибів і поглибленням досліджень функціональних компонентів їстівних грибів, використання побічних продуктів їстівних грибів, багатих полісахаридами, харчовими волокнами та вмістом білка, вивчалася під різними призмами, які включають технології глибокої обробки, визначення функціональних властивостей та їх застосування в продуктах харчування. Чоу та ін. [16] екстрагували полісахариди з побічних продуктів різних грибів, включаючи *F. velutipes*, шиітаке та *P. eryngii*. Вони виявили, що ці полісахариди мають захисну дію на пробіотики йогурту. Уманья та ін. [16] використали метод

екстракції за допомогою ультразвуку для вилучення ергостеролу та антиоксидантних компонентів із побічних продуктів грибів (*A. bisporus*), і вони виявили, що залишок, що залишився, є потенційним джерелом активних полісахаридів. Лю та ін. використовували техніку одногвинтової екструзії для олігомеризації волокна стебла *L. edodes*, і результати показали, що мікроструктура та молекулярна маса екструдованого волокна стебла були змінені, а фізичні та хімічні властивості волокна стебла також були покращені. Wang та ін. використовували техніку прокатування для покращення профілю текстури, фізико-хімічних і сенсорних властивостей ніжок грибів. Результати показали, що ніжки грибів після обробки можна використовувати як функціональні харчові інгредієнти, такі як грибні закуски.

Wen та ін. підготували наночастинки з нерозчинним полісахаридом, виділеним із побічного продукту *F. velutipes*. Вони виявили, що наночастинки, отримані з побічного продукту *F. velutipes*, можуть бути використані як нові харчові пакувальні матеріали, які мають потенційне застосування. Чжан та ін. розробили нові біорозкладні плівки, використовуючи різні нерозчинні волокна побічних продуктів *F. velutipes* і *L. edodes* як матеріали шляхом фізичної обробки (колоїдний млин, млин PFI) і хімічної обробки (відбілювання перекисом водню), результати показали, що нерозчинні волокно з субпродуктів їстівних грибів мало хороший потенціал для виробництва їстівних плівок.

Велика кількість функціональних компонентів їстівних грибів наділяє їх низкою біоактивних функцій, таких як антиокислювальна, антистарільна, протипухлинна, імунна регуляція, гіпоглікемія та зниження ліпідів у крові тощо. Вони мають великий потенціал для оздоровчі функції. Існує великий простір для розробки та застосування їстівних грибів у сферах косметики та пакувальних матеріалів. Проте поточні дослідження їстівних грибів зосереджені в основному на підготовці функціональних компонентів і механізмі функціональних властивостей, а дослідження щодо високоцінного

використання їстівних грибів все ще знаходяться в зародковому стані, а промислове виробництво функціональних продуктів на основі їстівних грибів є слабким. З розвитком промисловості їстівних грибів і збільшенням виробництва їстівних грибів глибока переробка та високоцінне використання їстівних грибів стали важливою підтримкою сталого розвитку промисловості їстівних грибів. Прорив у високоцінних технологіях використання та глибокої переробки їстівних грибів є ключовим фактором для сприяння сталому розвитку та зростанню промисловості їстівних грибів. Потрібні подальші дослідження того, як розробити високу технологію для сприяння високоцінному використанню їстівних грибів і зробити промислове виробництво функціональних продуктів на основі їстівних грибів більш ефективним, економічним і екологічним. Крім того, потребує подальшого вивчення біоактивність функціональних компонентів їстівних грибів і зв'язок між біоактивністю та обробленими їстівними продуктами на основі грибів. З огляду на це сприяння розвитку та комплексному використанню їстівних грибів має велике значення для широкомасштабного якісного виробництва ліків із їстівних грибів, продуктів для здоров'я та косметики, а також є великим проривом у розвитку промисловості їстівних грибів.

1.3. Базидієві гриби як засоби переробки та утилізації лігноцелюлозних відходів.

Базидіоміцети – вищі гриби з багатоклітинним міцелієм, що налічують близько 30 тис. дов як мікроскопічних грибів, так і грибів з великими плодовими тілами. Хоча базидіоміцети зустрічаються в найрізноманітніших екосистемах, включаючи луки, степи, пустелі, найбільш широко вони представлені у лісових екосистемах. Основа функція базидіоміцетів у природі – розкладання лігніну та целюлози, і саме ця здатність привертає пильну увагу слідчих як з погляду розуміння організмів даного процесу, так з метою розробки біотехнологій утилізації деревних та рослинних відходів [1–5].

Унікальною особливістю базидіоміцетів є здатність до синтезу екстрацелюлярних ферментів: лігнінпероксидаз, Mn-пероксидаз, поліфункціональних пероксидаз, лакказ, Що володіють широкою субстратною специфічністю [6, 7], що дозволяє їм розкласти не тільки органічні речовини природного походження, але й ні ксенобіотики. До найбільш небезпечних поллютантів, розкладання яких можна прискорити за допомогою базидіоміцетів, що відносяться поліциклічні ароматичні вуглеводні, хлорфеноли, поліхлоровані біфеніли, пестициди та муніципальні відходи. Основні розкладання ксенобіотиків базидіальними грибами досі досить добре вивчені, а застосування базидіоміцетів як біологічних агентів для переробки та утилізації техногенних утворень та відходів освітлено в ряді оглядів [8, 9]. Проте постійно з'являються нові дані, деталізуючі механізми розкладання ксенобіотиків базидіоміцетами, а також приклади використання як базидіоміцетів, так і їх лігнолітичних ферментів для детоксифікації та деградації забруднюючих речовин у раз індивідуальних галузях промисловості.

Основні шляхи трансформації лігноцелюлозних матеріалів та ксенобіотиків базидіальними грибами.

Дослідження розкладання лігноцелюлозних матеріалів та ксенобіотиків грибами "білої гнилі" показало можливість їх використання в технологіях переробки та утилізації важкодеградуємих техногенних утворень та відходів. Дані експериментальних робіт підсумововані у низці оглядів [2, 6–10]. Встановлено, що процеси деградації лігноцелюлозного матеріалу та ксенобіотиків грибами "білої гнилі" включають дію складного мультиферментного комплексу, синтез якого залежить від субстрату, на якому росте гриб, його фізіологічних біохімічних особливостей та геномної організації. Ефективність деградації забезпечується комбінацією позаклітинних лігнолітичних ферментів, органічних кислот, медіаторів та сомандрівних ферментів. Відповідно до сучасних уявлень існує три основні шляхи розкладання природних полімерів та ксенобіотиків базидіоміцетами:

ферментативна деградація, опосередковано ферментативна та неферментативної деградація. Кожен із перерахованих шляхів характеризується наявністю власних механізмів розкладання важкодегратованих речовин. Ферментативний шлях включає молекулярну трансформацію субстрата зі зміною його властивостей і повне розкладення, а також супутній синтез сполук *de novo*. Опосередкована ферментативна деградація базується на формуванні радикалів як основних та побічних продуктів ферментативних реакцій із наступним запуском радикальних процесів. Неферментативна деградація існує за рахунок реакційноздатних радикалов та іонів металів змінних валентностей. У природних умовах процеси деградації базидіоміцетами є багатостадійними та реалізуються, як правило, за участю всіх перерахованих вище за механізми. Тим не менш, як ферментативна, і опосередкована ферментативна деградація здійснюються переважно за участю оксидоредуктаз і гідролаз, що визначає знання хімість даних ферментів у деградації ксенобіотиків та біополімерів.

Характеристика лігнолітичних ферментів базидіальних грибів.

Базидіоміцети можуть синтезувати безліч позаклітинних ферментів, що мають участь у процесі модифікації та руйнування лігніну. В даний час загальна назва цих ферментів – лігнінази [2, 12], хоча ряд авторів відносить цей термін до лігнінпероксидази [10, 11]. Лігнінази можуть бути поділені на 2 групи: фенолоксидази – лаккази (ЛАК, КФ 1.10.3.2) та гем. містять пероксидази, а саме лігнінпероксидаза (ЛП, КФ 1.11.1.14), марганецьпероксидаза (МнП, КФ 1.11.1.13) та поліфункціональна (*versatile*) пероксидаза (ПП, КФ 1.11.1.16) [11, 12]. Ці дві групи ферментів розрізняються акцепторами електронів: молекулярний кисень для лаккази та пероксид водню для гемових пероксидаз.

Лігнінпероксидаза. ЛП є глікопротеїн, що містить 1 моль залізопротопорфірину IX на 1 моль ферменту та від 6 до 20% вуглеводів. Молекулярна маса (ММ) ЛП варіює ся в діапазоні 39–43 кДа, а ізоелектричні точки ізоферменти від 3,0 до 4,5 [13, 14]. Вперше ЛП була виявлена у

Phanerochaete chrysosporium [15, 16] в 1983 р. У наступні роки встановлено наявність ЛП у різних штамів *P. chrysosporium* та *Trametes versicolor* [17]. Скринінг базидіоміцетів показав на наявність генів ЛП у *Panus* sp., *P. coccineus*, *P. sanguineus*, *Perenniporia medulla panis* [18]. ЛП щодо не специфічна до субстратів – окислює широке коло ароматичних субстратів фенольної природи та нефенольних компонентів лігніну з редокс потенціалом до 1.4 В (щодо нормального природного електрода) у присутності пероксиду в дороду. Каталітичний цикл ЛП подібний до таких ми для інших гемових пероксидаз.

Марганецьпероксидаза. MnП також як ЛП перед є глікопротеїном і містить протогем IX (залізопротопорфірин IX), який легко відокремиться від апоферменту навіть при електрофорезі неденатуруючих умов. MM MnП коливається в діапазоні від 38 до 62.5 кДа, але більшість очищених ферментів мають масу близько 45 кДа [21]. Базидіоміцети продукують значне число ізоформ. Так, для грибного штаму *Ceriporiopsis subvermispora* описано 11 ізоформ [22]. значення ізоелектричних точок варіює на початкулах 2.5-6.8 [23].

MnП утворюється більшістю грибів “білої гнилі” (родини *Polyporaceae*, *Meruliaceae*, *Coriolaceae*) і деякими грибами, що мешкають на ґрунтовій підстилці (родини *Strophariaceae* та *Tricholomataceae*). В даний час відомо вже 56 грибів - продуцентів MnП [23].

Лакказа. ЛАК є глікопротеїнами, що містять від 10 до 45% вуглеводів на молекулу ферменту [27]. Багато дослідників вважають, що вугілля водна частина молекули забезпечує конформаційну стабільність білкової глобули. MM грибних лакказ становить 50-70 кДа [28], ізоелектричні точки лежать зазвичай при рН 3-5 [23, 30,31]. Лаккази були виявлені у грибах, бактеріях і комах [31], в даний час основним джерелом ферменту, в тому числі і для промислових цілей, є гриби. Відомо значна кількість грибів, які продукують цей фермент. До найбільш вивчених слід віднести *Podospora anserina*, *Agaricus bisporus*, *Rhizoctonia praticola*, *Pholiota aegerita*, *Trametes versicolor*,

Pleurotus ostreatus [32], *Coriolus hirsutus* [33, 34], *Neurospora crassa* [35, 36]. Усі грибні лаккази мономери або димери, крім ізоформи 1 *Podospora anserina*, яка, мабуть, тетрамер. Більшість грибів продукують як всередині так і позаклітинний фермент.

Поліфункціональна пероксидаза. ПП є глікопротеїном, що має гібридні властивості ЛП та MnП. Досі існує плутанина у визначенні цих ферментів: у ряді випадків вони називаються гібридними пероксидазами, іноді їх позначають аббревіатурою. В даний час до ПП відносять ферменти, що каталізують окиснення типових пероксидазних субстратів, включаючи Mn²⁺ та веретровий спирт. ПП були виділені з *Bjerkandera adusta*, *Bjerkandera* sp. (BOS55), *Bjerkandera* sp. (B33/3), *B. fumosa*, *Pleurotus eryngii*, *P. ostreatus* та *P. pulmonarius*. Це вкрай приваблива зі сторони практичного використання ферментів через свою здатність окислювати Mn²⁺, також фенольні та нефенольні ароматичні з'єднання. Передбачається, що ПП може окисляти широке коло субстратів з різними потенціалами – від низьких до високих, порівнянних з такими для ЛП. ПП більш ефективним у порівнянні нію з ЛП і MnП, які не здатні до ефективного окислення фенольних компонентів без вератрового спирту або окислення фенолів без Mn²⁺ відповідно. Така субстратна специфічність обумовлена їх гібридною молекулярною структурою. Каталітичні цикли ПП подібні до таких для MnП і ЛП [29].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Матеріал досліджень.

Рід вольварієлла - *Volvariella* Speg.

Капелюшок білий, шовковистий, гладкий, у молодому віці укладений у загальну оболонку (вольву), яка після розриву залишається біля основи ніжки у вигляді вільної піхви. Платівки спочатку білі, потім рожеві, Ніжка біла, без кільця. Споривий рожевий порошок.

На відмерлих стовбурах, пнях, іноді в дуплах, рідше на багатому перегноєм ґрунті. 15 видів. Види роду їстівні, деякі зустрічаються переважно у країнах Далекого Сходу та Південно-Східної Азії. Це в основному вольварієлла вольва, або їстівна *Volvariella volvacea* (Bull.:Fr.) Sing., яку іноді називають "трав'яної печерицею".



Рис. 2.1. Плодові тіла *Volvariella volvacea*.

Цей гриб вирощують на грядках із рисової соломи, за що називають "рисовим грибом". Він теплолюбний і вимагає зростання температури повітря близько $+28^{\circ}\text{C}$, а живильному середовищі, де розвивається грибниця, температура сягає близько $+40^{\circ}\text{C}$. Тому в умовах тропіків та субтропіків ця

культура ведеться у відкритому ґрунті, а в помірному поясі – у закритих приміщеннях. Зроблено спроби вирощування *Volvariella volvacea* в європейських країнах у закритому ґрунті. Щорічно його виробляють близько 180 тисяч тонн.

Цей сапрофітний вид, який зазвичай росте на стовбурах мертвих олійних пальм, багата білками, вуглеводами, клітковиною, мінералами та природні антиоксиданти. Однак він дуже швидкопсувний у свіжому вигляді, як і інші види грибів. Крім того, окислення фенольних сполук під дією ферментів, наприклад як поліфенолоксидази, викликає потемніння, що впливає якість [17].

2.2. Методи отримання порошка із плодових тіл.

Плодові тіла *V. volvacea* висушували та подрібнювали.

Енергетичну цінність кожного зразка оцінювали шляхом множення білка, жиру та доступних вуглеводів (загалом вуглеводи мінус клітковина) на 4, 9 і 4 відповідно. Для визначення змісту мінеральних елементів, зольний залишок кожної проби (1 г) розщеплювали сумішшю концентрованої азотної кислоти (14,44 моль/л), сірчаної кислоти (18,01 моль/л) і хлорної кислоти (11,80 моль/л). Після охолодження зразки фільтрували. Потім розчин кожного зразка доводили до кінцевого об'єму 25 мл з дистильованою водою.

Фенольні сполуки порошку *V. volvacea* екстрагували 80% (об./об.) метанолом. Для цього 10 г порошку *V. volvacea* екстрагували перемішуванням з 50 мл 80% (об./об.) метанолу при 25°C протягом 24 годин і фільтрують.

2.3. Методика обробки субстратів.

Попередня обробка субстратів: пшеничні висівки, рисові висівки були отримані з фермерських полів або домашніх джерел, тоді як тирса була отримана з пилорами. Кожну з цих сировинних матеріалів висушували та подрібнювали для пропускання через сито з вічками 30 мм.

2.4. Методи підготовки середовищ.

Підготовка середовищ для біоконверсії та аналізів ферментів. Базове середовище для аналізу ферментів мало такий склад (г/л): NaCl 1,5, K₂HPO₄ 1,5, KH₂PO₄ 0,5, (NH₄)₂SO₄ 1,0, MgSO₄ · 7H₂O 0,05, CaCl₂ · 2H₂O 0,02 і дріжджовий екстракт 0,5. Солі. Базове середовище автоклавували при 121°C протягом 15 хв. Джерела вуглецю (пшеничні висівки, рисові висівки та тирса) автоклавували окремо та додавали до основного середовища для отримання кінцевої концентрації 1% (мас./об.) [25].

Виробництво сирих ферментів: 72-годинну культуру *Volvariella volvacea* засіяли в базальне середовище. Колбу інкубували при 30±2°C протягом 96 год на ротаційному шейкері (Gallenkamp) при 120 об/хв. Через різні інтервали 24, 48, 72 і 96 годин, відповідно, відбирали зразки для аналізу активності ферментів. Контролем служило стерильне базальне середовище, доповнене комерційними субстратами.

Ферментні аналізи: активність целюлази визначали за методом Міллера амілази і протеази [35] Активність ферменту виражається концентрацією білка, яка представлена як мкмоль/хв/мл.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Використання агропромислових відходів для біоконверсії.

З'ясовано здатність *Volvariella volvacea* розкласти легкодоступні сільськогосподарські відходи за допомогою відповідних ферментів під час зануреної ферментації. Для отримання активного міцелію гриба з його свіжого плодового тіла застосовували метод культури тканин. Приблизний аналіз сільськогосподарських відходів після бродіння показав, що процентний вміст білка та вологи збільшився, а вміст жиру, сирової клітковини, золи та вуглеводів зменшився. Аналіз мінерального вмісту відходів виявив їх відновлення при бродінні. Кілька типів агропромислових відходів оцінювали як субстрати для виробництва ферментів *Volvariella volvacea* порівняно з комерційними субстратами (контроль). Було виявлено, що склад відходів впливає на кількість, а також на активність аналізованих ферментів. Тирса мала вищу целюлазну активність 122 мкмоль/хв/мл між 48 і 72 годинами ферментації.

Останніми роками спостерігається тенденція до більш ефективного використання агропромислових відходів, таких як маніок, жом цукрових буряків, пшеничні висівки та яблучна макуха. Було розроблено декілька процесів, які використовують їх як сировину для виробництва масових хімічних речовин і високоякісних продуктів з доданою вартістю, таких як етанол, одноклітинний білок (SPC), гриби, ферменти, органічні кислоти, амінокислоти та біологічно активні вторинні метаболіти. Застосування відходів агропромислового виробництва в біопроцесах, з одного боку, забезпечує альтернативні субстрати, а з іншого – допомагає у вирішенні проблем забруднення, які інакше може спричинити їх утилізація. З появою біотехнологічних інновацій, головним чином у сфері ферментів і технології бродіння, відкрилося багато нових шляхів для їх використання.

Приблизний та мінеральний склад відібраних відходів: відсоток білка та вміст вологи збільшувався під час бродіння, тоді як спостерігалось зниження вуглеводного та мінерального складу (табл. 1, 2).

Виробництво та аналіз ферментів: на малюнках 1-4 показано часові профілі вироблення позаклітинних ферментів (целюлази, альфа-амілази, бета-амілази та протеази) *Volvariella volvacea* під час глибокої ферментації з використанням різних субстратів.

Таблиця 3.1.

Приблизний склад (%) відібраних агропромислових відходів до та після використання у заглибленій ферментації з *Volvariella volvacea*

%							
Зразки		Груба клітковина	Білок	Вологість	Жири	Ash	СНО
Рисові висівки	а	20,63±0,4	9,28±0,01	13,32±0,3	2,90±0,02	4,83±0,1	49,04±0,67
	б	11,03±0,015	25,91±0,01	15,05±0,04	2,41±0,04	3,55±0,01	42,05±0,11
Пшеничні висівки	а	8,97±0,3	11,73±0,1	14,50±0,2	3,33±0,1	1,24±0,1	60,23±0,59
	б	5,44±0,02	34,12±0,05	23,30±0,1	2,55±0,05	1,23±0,03	33,36±0,08
Тирса	а	51,69±1,2	6,65±0,03	11,66±0,4	1,82±0,01	1,76±0,1	26,42±1,65
	б	51,11±0,02	9,13±0,03	17,44±0,05	1,78±0,01	1,76±0,01	18,78±0,06

а: Зразок перед використанням (неферментований). В: Зразок після використання (ферментований). Значення є середніми для трьох повторень ± SD. Статистичну значущість оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента, а значення $p < 0,05$ вважали суттєвою різницею між ферментованими та неферментованими відходами.

Таблиця 3.2.

Мінеральний склад вибраних агропромислових відходів до та після використання в зануреному бродінні (ppm)

%					
Зразки		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Рисові висівки	а	20,63±0,4	9,28±0,01	13,32±0,3	2,90±0,02
	б	11,03±0,015	25,91±0,01	15,05±0,04	2,41±0,04
Пшеничні висівки	а	8,97±0,3	11,73±0,1	14,50±0,2	3,33±0,1
	б	5,44±0,02	34,12±0,05	23,30±0,1	2,55±0,05
Тирса	а	51,69±1,2	6,65±0,03	11,66±0,4	1,82±0,01
	б	51,11±0,02	9,13±0,03	17,44±0,05	1,78±0,01

а: Зразок перед використанням (неферментований). В: Зразок після використання (ферментований). Значення є середніми для трьох повторень ± SD. Статистичну значущість оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента, а значення $p < 0,05$ вважали суттєвою різницею між ферментованими та неферментованими відходами.

Загалом виробництво ферментів прогресивно зростало зі збільшенням часу інкубації до досягнення оптимального виробництва. Подальше збільшення часу інкубації понад оптимальний призвело до зниження продуктивності.

Відібрані агропромислові відходи використовували для виробництва позаклітинних ферментів, що відповідало методології. Вони повідомили про використання агропромислових відходів як заміників відомих комерційних субстратів для виробництва ферментів. Вирощування їстівних грибів із відходами агропромислового виробництва є додатковим процесом перетворення цих матеріалів, які інакше вважаються відходами, у їжу для людей, біохімічні та ферменти. Це один із найбільш біологічних способів переробки цих залишків. Альтернативні методи утилізації відходів необхідні для вирішення проблем забруднення навколишнього середовища, пов'язаних із методами.

Біоконверсія цих відходів допомагає підвищити їх поживну цінність, а також їх перетравність для годування тварин. Використання дешевих субстратів для виробництва промислових ферментів є одним із шляхів значного зниження витрат виробництва. Цього можна досягти, використовуючи як субстрати тверді сільськогосподарські відходи. Кількість ферментів, що виробляються кожним субстратом, відрізняється залежно від кількості джерела вуглецю, що використовується організмами. Було виявлено, що пшеничні висівки краще використовуються для виробництва ферментів, ніж інші субстрати.

Результати попереднього аналізу показали, що пшеничні висівки та рисові висівки містять значну кількість вуглеводів, які стимулюють клітини виробляти багато гідролітичних ферментів. Крім того, він містить значну кількість легкозасвоюваних цукрів, які сприяють ініціації росту, і білка, який є важливими азотистими сполуками. Результат орієнтовного складу агропромислових відходів до та після використання в глибинній ферментації з грибним міцелієм показав значне збільшення вмісту білка у ферментованих

(використаних) агропромислових відходах порівняно з їх неферментованими зразками. Збільшення мікробної біомаси у вигляді одноклітинного білка може бути однією з причин збільшення вмісту білка. Збільшення вмісту білка також може бути результатом гідролізу крохмалю до глюкози та його подальшого використання тим самим організмом як джерела вуглецю для синтезу грибної біомаси, багатой білком. Збільшення кількості білка може бути пов'язане із секрецією певних позаклітинних ферментів, які мають білкову природу, у відходи під час їх розщеплення та подальшого метаболізму.

Вміст сирової клітковини в зразках після бродіння був меншим, ніж у неферментованих зразках. Коли міцелій *Volvariella volvacea* використовувався як культура, спостерігалось загальне зниження вмісту сирової клітковини. Суттєвих змін вмісту жиру та золи не було. Вміст золи у ферментованих зразках незначно знизився, за винятком зразка тирси, де не було змін. Високий вміст золи в неферментованих зразках свідчить про те, що використані агропромислові відходи можуть мати достатню кількість мінеральних елементів. Вміст золи завжди є приблизним показником вмісту неорганічних мінеральних елементів у зразках. Отже, це означає, що неферментовані зразки, ймовірно, містять більше мінеральних елементів порівняно з ферментованими зразками. Малоімовірно, що мікроорганізми могли використовувати деякі з мінералів для своєї метаболічної діяльності. Всім живим організмам потрібні деякі мінеральні елементи для підтримки деяких метаболічних функцій. Помітного зниження мінерального складу зброджених агропромислових відходів не відбулося. Причина зниження вмісту деяких мінеральних речовин у ферментованих зразках могла бути пов'язана з тим, що деякі з цих металів могли бути частиною деяких біологічних макромолекул, які були вивільнені в розчин із таких структур під час бродіння або зневоднення. Поступове збільшення вмісту вологи, яке спостерігається у ферментованих зразках, може бути пов'язане з процесами утворення суспензії та діяльністю та/або впливом *Volvariella volvacea*, які

посилюють утримання води в середовищі ферментації. Спостерігалось помітне зниження вмісту вуглеводів у ферментованих зразках. Це спостереження могло статися через здатність *Volvariella volvacea* використовувати вуглеводи для виробництва целюлази та амілази. Здатність грибів гідролізувати вуглеводи в процесі біоконверсії для різних біохімічних шляхів.

Результати, отримані в процесі біоконверсії відібраних відходів, виявили потенціал позаклітинних ферментів, що виробляються грибами, як біотехнологічного інструменту для перетворення відходів у біологічні продукти. Ферменти, отримані з грибів, можна використовувати як замітники хімічних речовин, які використовуються в основному для очищення забруднюючих речовин, які є шкідливими для навколишнього середовища. Для багатьох процесів ферментам надають перевагу перед кислотними чи лужними процесами, оскільки вони є специфічними біокаталізаторами, можуть працювати в набагато м'якших умовах реакції, не виробляють небажаних продуктів і є екологічно чистими.

Сировина, що містить велику кількість лігніну та целюлози та невелика кількість легкозасвоюваних сполук вуглецю (крохмаль, цукру) та азоту (білки, амінокислоти), використовується як основа субстрату. Це переважно вегетативні частини рослин. Сировина, багата на легкозасвоювані сполуками вуглецю та азоту, що містить низький рівень лігніну та целюлози, використовують як живильну білкову або білково-жирову добавки. Це зазвичай генеративні частини рослин.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що отримані в процесі біоконверсії відібрані відходи, виявили потенціал позаклітинних ферментів, що виробляються грибами *Volvariella volvacea*, як біотехнологічного інструменту для перетворення відходів у біологічні продукти.

2. Ферменти, отримані з грибів *Volvariella volvacea*, можна використовувати як замітники хімічних речовин, які використовуються в основному для очищення забруднюючих речовин, які є шкідливими для навколишнього середовища.

3. Для багатьох процесів ферментам надають перевагу перед кислотними або лужними процесами, оскільки вони є специфічними біокатализаторами, можуть працювати в набагато м'якших умовах реакції, не виробляють небажаних продуктів і є екологічно чистими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Круподьорова Т. А. Альтернативні субстрати для культивування лікарських та їстівних грибів / Т. А. Круподьорова, В. Ю. Барштейн // Мікробіологія і біотехнологія. – Т. 17, № 1. – 2012. – С. 47–56.
2. Іванова Т. С. Скринінг лікарських грибів при культивуванні на відходах харчової промисловості України / Т. С. Іванова, Т. А. Круподьорова, В. Ю. Барштейн, Г. П. Мегалінська // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 20. Біологія. – 2012. – №4. – С. 113–119.
3. Ліновицька В. М. Ріст і біосинтетична активність *Grifola frondosa* (Dicks: Fr.) S.F. Gray та *Schizophyllum commune* Fr. (Basidiomycota) у глибинній культурі / В. М. Ліновицька, А. С. Бухало // Ukr. Bot. J. – 2008. – Т. 65, № 1. – С. 116–123.
4. Elisashvili V. Submerged Cultivation of Medicinal Mushrooms: Bioprocess and Products (Review) / V. Elisashvili // Int. J. Med. Mushrooms. – 2012. – Vol. 14, Iss. 3. – P. 211-239.
5. Kotowski MA. History of mushroom consumption and its impact on traditional view on mycobiota – an example from Poland. *Microbial Biosystems*. 2019;4(3):1–13.
6. You SW, Hoskin RT, Komarnytsky S, Moncada M. Mushrooms as functional and nutritious food ingredients for multiple applications. *ACS Food Science and Technology*. 2022;2(8):1184–1195.
7. Zhang Y, Wang D, Chen Y, Liu T, Zhang S, Fan H, et al. Healthy function and high valued utilization of edible fungi. *Food Science and Human Wellness*. 2021;10(4):408–420.
8. Ketnawa S, Rawdkuen S. Properties of texturized proteins from edible mushrooms by using single-screw extruder. *Foods*. 2023;12(6).
9. Amoikon KE, Ahui-Bitty M-LB, Kouamé KG, Kati-Coulibaly S. Nutrients value of some edible mushrooms in Côte d'Ivoire. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2016;7(3):140–145.

10. Abu, E.A., S.A. Ado and D.B. James, 2005. Raw starch degrading amylase production by mixed culture of *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* grown on sorghum pomace. *Afr. J. Biotechnol.*, 4: 785-790.
11. Alofe, F.V., O. Odeyemi and O.L. Oke, 1996. Three edible wild mushrooms from Nigeria: Their proximate and mineral composition. *Plant Foods Human Nutr.*, 49: 63-73
12. Pandey, A., P. Nigam, C.R. Soccol, V.T. Soccol, D. Singh and R. Mohan, 2000. Advances in microbial amylases. *Biotechnol. Applied Biochem.*, 31: 135-152.
13. Zhang, R., X. Li and J.G. Fadel, 2002. Oyster mushroom cultivation on rice and wheat straw. *Biores. Technol.*, 82: 227-284.
14. Ojokoh, A.O., 2005. Effect of fermentation on the nutritional qualities of roselle (*Hibiscus sabdari*, ffa Linn) calyx. Ph.D. Thesis, Federal University of Technology Akure, Nigeria.
15. Malherbe, S. and T.E. Cloete, 2003. Lignocellulose biodegradation: Fundamentals and applications. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, 1: 105-114.
16. Howard, R.L., E. Abotsi, E.L.J. van Rensburg and S. Howard, 2003. Lignocellulose biotechnology: Issues of bioconversion and enzyme production. *Afr. J. Biotechnol.*, 2: 602-619.
17. Mabrouk, M.E.M. and A.M.D. El Ahwany, 2008. Production of β -mannanase by *Bacillus amyloliquefaciens* 10A1 cultured on potato peels. *Afr. J. Biotechnol.*, 7: 1123-1128.
18. Bennet, J.W., K.G. Wunch and B.O. Faison, 2002. Use of Fungi in Bioremediation. In: *Manual of Environmental Microbiology*, 2nd Edition, Hurst, C.J., R.L. Crawford, J.L. Garland, D.A. Lipson, A.L. Mills and L.D. Stetzenbach (Eds.). ASM Press, Washington DC., pp: 960-971.
19. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 1999;299:152-178
20. Subramaniam S, Jiao S, Zhang Z, Jing P. Impact of post-harvest processing or thermal dehydration on physiochemical, nutritional and sensory quality of shiitake

mushrooms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021;20(3):2560-2595.

21. Tarafdar A, Shahi CN, Singh A. Freeze-drying behaviour prediction of button mushrooms using artificial neural network and comparison with semi-empirical models. *Neural Computing and Applications*. 2019;31:7257-7268.

22. Kibar B. Influence of different drying methods and cold storage treatments on the postharvest quality and nutritional properties of *P. ostreatus* mushroom. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2021;45:565-579.

23. Khodifad C, Dhamsaniya NK. Drying of food materials by microwave energy - A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020;9(5):1950-1973.

24. Bello M, Oluwamukomi MO, Enujiugha VN. Influence of drying on the antinutritional contents and antioxidant capacities of oyster mushrooms (*Pleurotussajur-caju*). *Applied Tropical Agriculture*. 2019;24(1):49-55.

25. Zhang Z, Lv G, Pan H, Wu Y, Fan L. Effects of different drying methods and extraction condition on antioxidant properties of shiitake (*Lentinus edodes*). *Food Science and Technology Research*. 2009;15(5):547-552.

26. Pandey, A., P. Nigam, C.R. Soccol, V.T. Soccol, D. Singh and R. Mohan, 2000. Advances in microbial amylases. *Biotechnol. Applied Biochem.*, 31: 135-152.

27. Zhang, R., X. Li and J.G. Fadel, 2002. Oyster mushroom cultivation on rice and wheat straw. *Biores. Technol.*, 82: 227-284.

28. El-Ramady H, Abdalla N, Badgar K, Llanaj X, Törös G, Hajdú P, et al. Edible mushrooms for sustainable and healthy human food: Nutritional and medicinal attributes. *Sustainability*. 2022;14(9).

29. Anno HFA, Kouadio EJP, Konan, KH, Dué AE, Kouamé LP. Two widely consumed wild mushrooms from central Côte d'Ivoire: their proximate analysis, mineral composition and amino acids profile. *Annals. Food Science and Technology*. 2016;17(1):139-149.

30. Rizzo G, Goggi S, Giampieri F, Baroni L. A review of mushrooms in human nutrition and health. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;117:60-73.

31. Zoho Bi FGA, Amoikon KE, Ahui-Bitty M-LB, Kouamé KG, Kati-Coulibaly S. Nutrients value of some edible mushrooms in Côte d'Ivoire. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2016;7(3):140-145
32. Shaffique S, Kang S-M, Kim A-Y, Imran M, Aaqil Khan M, Lee I-J. Current knowledge of medicinal mushrooms related to anti-oxidant properties. *Sustainability*. 2021;13(14).
33. Mwangi RW, Macharia JM, Wagara IN, Bence RL. The antioxidant potential of different edible and medicinal mushroom. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2022;147.
34. Bhambri A, Srivastava M, Mahale VG, Mahale S, Karn SK. Mushrooms as potential sources of active metabolites and medicines. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13.
35. Bakaytis VI, Golub OV, Miller YuYu. Fresh and processed wild *Cantharellus cibarius* L. growing in West Siberia: food value. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):234-243.
36. Jiang O, Zhang M, Mujumdar AS. UV induced conversion during drying of ergosterol to vitamin D in various mushrooms: Effect of different drying conditions. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;105:200-210.
37. Chow PS, Landhäusser SM. A method for routine measurements of total sugar and starch content in woody plant tissues. *Tree Physiology*. 2004;24(10):1129-1136
38. Garriga M, Almaraz M, Marchiaro A. Determination of reducing sugars in extracts of *Undaria pinnatifida* (harvey) algae by UV-visible spectrophotometry (DNS method). *Actas de Ingeniería*. 2017;3:173-179.
39. Milner BA, Whiteside PJ. An introduction to atomic absorption spectrophotometry. Cambridge: Pye Union Ltd; 1981. pp 43-46.
40. Tarafdar A, Shahi CN, Singh A. Freeze-drying behaviour prediction of button mushrooms using artificial neural network and comparison with semi-empirical models. *Neural Computing and Applications*. 2019;31:7257-7268.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**



**ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ЕКОБІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

**X ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ
ВЧЕНИХ «БІОТЕХНОЛОГІЯ:
ЗВЕРШЕННЯ ТА НАДІЇ»**

2-3 травня 2024 р.

м.Київ



Гуцько Т.С., Бородай В.В. Оптимізація молочнокислих заквасок у молочній промисловості.....	23
Даневич В. А., Кваско О.Ю. Біотехнологічні методи ідентифікації бактеріозів рослин баклажану (<i>Solanum melongena</i> L.)	25
Дідур Є. О., Прилуцька С. В. Використання вуглецевих наночастинок при вирощуванні зернових культур для підвищення ефективності доставки поживних речовин.....	27
Діхтяренко О.М., Туровнік Ю.А. Ефективність препаратів Мікохелп та Фітохелп щодо збудника кореневої гнилі зернових культур.....	28
Заварін М. А., Бойко О.А. Гриб <i>Vahriella volcea</i> у біотехнології: інноваційні можливості для сталого розвитку.....	30
Зелінська А.В., Нестерова Н.Г. Аспекти посухостійкості декоративних деревних видів рослин як елементів озеленення міст.....	31
Іванова Т.Д., Коломісць Ю.В. Порівняння двох методів визначення патогенних мікроорганізмів при перевірці безпеки харчової продукції на наявність <i>Campylobacter</i>	33
Климчук А.І., Таран О.П. Дослідження збереження антигенних властивостей вірусних ізолятів для позитивного контролю в імуноферментному аналізі.....	34
Коковін М.І, Галузінський М.О, Прилуцька С.В. Регуляція стресостійкості у сільськогосподарських культур вуглецевими частинками за вмістом вторинних метаболітів.....	35
Кондратюк Д.О., Кваско О.Ю. Бактеріози рослин картоплі <i>Solanum tuberosum</i> L.	36
Корнілова О.О., Кляченко О.Л. Збереження Клематиса маджурського введеного в культуру <i>in vitro</i>	37
Косовська Н.А., Маценко Я. С., Яковлева А.С., Бородай В. В. Активність ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері <i>Glycine max</i> L.	39
Костючек О.С., Лобова О.В. Експериментальні дослідження щодо введення верби в культуру <i>in vitro</i>	41
Кущенко К.С, Кляченко О.Л. Каллюсогенез гвоздики голландської (<i>Dianthus carophyllus</i> L.) в культурі <i>in vitro</i>	42

УДК 602.3:582.287

Заварін М. А., Бойко О. А.**ГРИБ VOLVARIELLA VOLVACEA У БІОТЕХНОЛОГІЇ: ІННОВАЦІЙНІ
МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ***Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна
email: zavarinmishko@gmail.com*

У сучасному світі біотехнології стають все більш важливим інструментом для досягнення сталого розвитку. Одним з потенційно цікавих об'єктів для досліджень у біотехнології є гриб *Volvariella volvacea*. Цей гриб, також відомий як китайський гриб-шампінйон, має великий потенціал для розвитку інноваційних технологій, які сприятимуть сталому виробництву та екологічній стійкості. У цій роботі ми розглянемо ключові аспекти використання гриба *Volvariella volvacea* у біотехнології та його потенціал для забезпечення сталого розвитку.

Гриб *Volvariella volvacea* є важливим видом гриба, адже він має деякі унікальні характеристики та біологічні властивості, які роблять його цікавим об'єктом для досліджень у біотехнології. *Volvariella volvacea* відрізняється своєю швидкістю росту та високою продуктивністю, що робить його привабливим для комерційного вирощування. Цей гриб також має високий вміст білка, вітамінів та мінералів, що робить його корисним для харчування [Антоняк, 2013].

Гриб *Volvariella volvacea* здобуває все більше популярності завдяки своїм потенційним інноваційним застосуванням для сталого розвитку. Ці інноваційні застосування гриба *Volvariella volvacea* полягають у його використанні для виробництва біопалива та біофертилізаторів.

Якщо казати про виробництво біопалива, гриб *Volvariella volvacea* знаходить своє використання у сфері біоенергетики. Він може бути перероблений у біопаливо, таке як біогаз або біодизельне паливо. Це відкриває можливість скорочення залежності від традиційних джерел енергії, таких як нафта чи вугілля, і сприяє зменшенню викидів парникових газів. Використання біопалива на основі гриба може сприяти переходу до більш сталої та екологічно чистої енергетичної системи, що є важливим кроком у боротьбі зі зміною клімату та забрудненням довкілля.

У контексті виробництва біофертилізаторів, гриб *Volvariella volvacea* може використовуватися як джерело органічних добрив. Його біомаса має потенціал для переробки у високоякісні біофертилізатори, які можуть бути застосовані для підживлення ґрунту в сільському господарстві та садівництві. Це сприяє підвищенню родючості ґрунту, покращенню його структури та забезпеченню необхідними поживними речовинами для рослин. Використання біофертилізаторів на основі гриба може сприяти сталому землеробству, зменшенню використання хімічних добрив та мінеральних добрив, а також збереженню ґрунтового ресурсу на довгострокову перспективу [Drogba, 2015].

Гриб *Volvariella volvacea* також відіграє значну роль у підтримці екологічної стійкості через кілька ключових аспектів своєї біологічної активності.

По-перше, його здатність до розкладання органічних залишків сприяє формуванню гумусу в ґрунті, що є важливим для підтримки його родючості та структури. Гумус забезпечує рослини необхідними поживними речовинами та забезпечує збереження вологи в ґрунті.

По-друге, гриб *Volvariella volvacea* здатний до біодеградації шкідливих речовин і токсинів у водних середовищах. Його присутність може сприяти очищенню водних ресурсів від забруднень, що покращує якість води та сприяє збереженню біорізноманіття в екосистемах.

Тобто, гриб *Volvariella volvacea* допомагає забезпечити екологічну рівновагу та стійкість в екосистемах, сприяючи покращенню ґрунтової родючості та очищенню водних

ресурсів від забруднень. Його властивості роблять його важливим фактором у збереженні та підтримці здоров'я екосистем [Даниляк, 1996].

В загалом, інноваційні застосування гриба, такі як виробництво біопалива та біофертилізаторів, відкривають нові можливості для покращення економічної ефективності та екологічної стійкості. Подальші дослідження та розвиток цих застосувань можуть сприяти зменшенню впливу на довкілля, підвищенню виробничої продуктивності та покращенню якості життя людей, сприяючи сталому розвитку нашого суспільства.

Список використаних джерел

1. Антоняк Г. Л., Калвинець-Мамчур З. І., Дудка І.О. та ін. Екологія грибів: монографія / Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. Львів, 2013. 628 с.
2. Даниляк М. І., Решетніков С. В. Лікарські гриби. Медичне застосування та проблеми біотехнології. Київ: Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 1996. 65 с.
3. Alexis Drogba Sforzore. Study of the Fungus *Volvariella Volvacea* (Bull.) Singer Composition, A Non-Timber Forest Product (NTFP) Food Purchased at Abidjan Markets in Ivory Coast. *The Journal of Mycology*. 2015. Vol 1, № 1.



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ
І ЕКОЛОГІЇ**

ЗБІРНИК

матеріалів доповідей

**X МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ**

І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ



**«ЕКОЛОГІЯ – ФІЛОСОФІЯ ІСНУВАННЯ
ЛЮДСТВА»**

24-25 квітня 2024 р.

Київ – 2024

<i>Герасименко А.С., Прилуцька С.В.</i> БІОСИНТЕЗ В РОСЛИНАХ РЕКОМБІНАНТНОГО КОЛІЩИНУ М ТА ЙОГО АНТИБАКТЕРІАЛЬНА АКТИВНІСТЬ	65
<i>Гончаренко Н.С., Сербенюк Г.А.</i> ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ОВОЧЕВУ ПРОДУКЦІЮ	67
<i>Годованець М.О., Памагайбог С.О.</i> ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РЕСУРСООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР ВІД КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	69
<i>Горбачевська Н.І., Сербенюк Г.А.</i> ВПЛИВ РОСІЙСЬКОГО ВТОРГНЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ХЕРСОНЩИНИ	70
<i>Грицишина А.О., Строкаль В.П.</i> КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ	72
<i>Гулько Т.С., Бородай В.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS У ХАРЧОВІЙ ПРОМІСЛОВОСТІ	75
<i>Даневич В.А., Квасюк О.Ю.</i> КАРАНТИННІ ВИДИ БАКТЕРІЙ ЗБУДНИКІВ БАКТЕРІОЗІВ РОСЛИН БАКЛАЖАНУ (<i>SOLANUM MELONGENA</i> L.)	77
<i>Дебелий І.О., Кудрявська А.М.</i> ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЛЕТИЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	79
<i>Діхтяренко О.М., Туровнік Ю.А.</i> АКТИВНІСТЬ БЮПРЕПАРАТІВ ФІТОХЕЛП ТА МІКОХЕЛП ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ ГРИБІВ	80
<i>Довгий В., Таран О.П.</i> ОТРИМАННЯ РЕКОМБІНАНТНОГО ПРОТЕЇНУ Р150 ЦИТАМЕГАЛОВІРУСУ ДЛЯ ВІЯВЛЕННЯ АНТИТІЛ ПРИ ЙОГО ДІАГНОСТУВАННІ	82
<i>Дрощинська В.А., Кленко А.В.</i> ЗАБРУДНЕННЯ ГРИБІВ ЦЕЗІСМ-137 В ЛІСАХ УКРАЇНИ	84
<i>Дудко А.О., Антіпов І.О.</i> МОЛЕКУЛЯРНА ДІАГНОСТИКА ВІРУСУ ШТРИХУВАТОЇ МОЗАЇКИ ПШЕНИЦІ МЕТОДОМ ПОЛІМЕРАЗНОЇ ЛАНЦЮГОВОЇ РЕАКЦІЇ (WHEAT STREAK MOSAIC VIRUS)	87
<i>Дуридівка М.В., Сальнікова А.В.</i> ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В МОНОКУЛЬТУРІ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ГРУНТУ	90
<i>Єрмолаєв В.М., Гамаюнова В.В.</i> ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГОРОХУ	93
<i>Заварін М.А., Бойко О.А.</i> ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ГРИБА <i>VOLVARIELLA VOLVACEA</i> В БІОТЕХНОЛОГІЇ: ВІД МЕДИЦИНИ ДО ЕКОЛОГІЇ	95

ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ГРИБА *VOLVARIELLA VOLVACEA* В БІОТЕХНОЛОГІЇ: ВІД МЕДИЦИНИ ДО ЕКОЛОГІЇ

Заварін М.А., студент 1 курсу ОС Магістр, факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

Бойко О.А., д.б.н., доцент кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У відділі біотехнології постійно виникають нові можливості використання різних видів організмів для розв'язання проблем у багатьох сферах, включаючи медицину, сільське господарство, промисловість та екологію. Один з цих видів – *Vohvariella volvacea* (Bull.) Singer, гриб, який відомий також як «китайський гриб». В останні роки інтерес до використання цього гриба в біотехнології значно зріс, що свідчить про актуальність даного дослідження.

Vohvariella volvacea, відомий як китайський гриб або пініта, є їстівним грибом, що належить до родини *Pluteaceae*. Його біологічний цикл починається з утворення міцелію, яке розвивається у плодове тіло, що має форму дзвону з півкруглим капелюшком. Розмноження відбувається за допомогою спор, які утворюються у спеціальних структурах, що розташовані на крайовій частині капелюшка. Гриб *Vohvariella volvacea* здатний розвиватися в широкому спектрі екологічних умов, зокрема у вологих та теплих кліматичних умовах [2]

Vohvariella volvacea виявляє значний потенціал у медицині та фармацевтиці через наявність біологічно активних сполук у своїй структурі, а саме:

- антиоксидантні властивості (деякі дослідження показали, що екстракти з *Vohvariella volvacea* мають антиоксидантні властивості, що можуть бути корисними для захисту клітин від окислювання та зменшення ризику розвитку захворювань)
- протизапальні властивості (компоненти *Vohvariella volvacea* можуть мати протизапальні властивості, що може бути корисними у лікуванні запальних захворювань)
- полісахариди (*Vohvariella volvacea* містить полісахариди, які відомі своїми імуномодулюючими властивостями, здатними підвищувати імунітет та захист організму від інфекцій)
- вітаміни та мінерали (гриб *Vohvariella volvacea* багатий на вітаміни та мінерали, такі як вітамін В12, залізо та кальцій, які є важливими для здоров'я та добробуту людини).

Ці біологічно активні сполуки роблять *Vohvariella volvacea* цікавим об'єктом досліджень у медицині та фармацевтиці, відкриваючи нові перспективи у лікуванні та профілактиці різних захворювань [1]

В загалом, сучасні дослідження та розробки у біотехнології активно охоплюють і досліджують потенційні можливості *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer. Деякі з напрямків досліджень включають біологічний контроль за шкідниками та біотехнічні застосування. Розглянемо більш детально.

1. Потенційні можливості *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer

Біологічний контроль за шкідниками	Біотехнологічні застосування
<i>Volvariella volvacea</i> має потенціал як біологічний агент для боротьби зі шкідливими комахами та іншими паразитами, які завдають шкоди сільському господарству та іншим сферам. Цей гриб має властивості, що можуть залучати та знищувати шкідників без застосування хімічних пестицидів. Його спори та міцелій можуть бути використані для контролю за шкідниками на полях, в теплицях та інших сільськогосподарських об'єктах.	Використання <i>Volvariella volvacea</i> у біотехнології включає його застосування у виробництві біологічно активних сполук, таких як антиоксиданти, антибіотики, пробіотики тощо. Також гриб може бути використаний у фармацевтичній промисловості для виробництва лікарських препаратів, а в харчовій промисловості - як джерело білка та інших корисних поживних речовин. Крім того, <i>Volvariella volvacea</i> може бути використаний у біотехнологічних процесах для виробництва біопалива.

Джерело: складено автором на основі [3].

Підсумовуючи, можна сказати, що *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer виявляє значний потенціал у біотехнології через його багатий склад біологічно активних сполук та здатність до широкого спектру застосувань. Цей гриб може бути використаний в різних сферах, включаючи харчову промисловість, медицину, сільське господарство та екологію, що відкриває нові можливості для досліджень та розвитку.

Перспективи розвитку досліджень використання *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer полягають у багатьох напрямках. По-перше, важливо досліджувати біологічні особливості цього гриба, його властивості та можливості адаптації до різних умов середовища. Дослідження цього може розширити наше розуміння про потенційність використання гриба у різних сферах, таких як сільське господарство, медицина та екологія. Крім того, важливо вивчити хімічний склад гриба та біологічно активні сполуки, які він містить, для визначення його можливих медичних, харчових та інших корисних властивостей. Розвиток досліджень у цих напрямках може відкрити нові можливості для використання *Volvariella volvacea* в різних галузях, що сприятиме подальшому розвитку суспільства та збереженню навколишнього середовища [4].

Список використаних джерел:

1. Ahlawat O. P., Kumar S. Traditional and modern cultivation technologies for the paddy straw mushroom (*Volvariella* spp). In *Frontiers in Mushroom Biotechnology. National Research Centre for Mushroom*. 2005. P. 157-164
2. Alexis Drogba Sfor. Study of the Fungus *Volvariella Volvacea* (Bull.) Singer Composition, A Non-Timber Forest Product (NTFP) Food Purchased at Abidjan Markets in Ivory Coast. *The Journal of Mycology*. 2015. Vol 1, № 1.
3. Chang, S. T., Miles, P. G. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact. *CRC Press*. 1992.
4. Khang, G. S., Sharma, A., Yousuf, B. *Volvariella volvacea*, an Indigenous Mushroom: A Comprehensive Review. *Mushroom Research*. 2019. Vol. 28. № 2. P. 69-80.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

**ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ В ЗАХИСТІ ТА КАРАНТИНІ
РОСЛИН**

*Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти, присвяченій 126-річчю НУБіП України
(23 квітня 2024 р.)*



Київ-2024

<i>Шкрібтій В.А., Сикало О.О.</i>	
Моніторинг бур'янів у післяжнивних посівах проса звичайного.	
<i>Яковець А.С., Марковська О.Є.</i>	191

IV. СЕКЦІЯ – «БІОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ, ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я»

Морфогенез <i>in vitro</i> різних генотипів коноплі (<i>Cannabis sativa</i> L.).	
<i>Абдувалієва Н., Кляченко О.Л.</i>	194
Дослідження впливу антропогенних забруднювачів на водні екосистеми методом цитостатичної реакції культури дафній (<i>Daphnia pulex</i> (Magn)).	
<i>Білука Д. С., Нестерова Н. Г.</i>	195
Визначення чутливості фітопатогенних мікроорганізмів до мікроелементного комплексного добрива. <i>Буняк В. О., Гнатюк Т. Т., Бородай В. В.</i>	198
<i>Aloe vitro</i> та її використання в різних промислових галузях.	
<i>Вільховий С.П., Лобова О.В.</i>	200
Дослідження антигенів рослинних вірусів методом поверхневого плазмонного резонансу. <i>Воронець Д.С., Таран О.П.</i>	201
Біосинтез інсектицидних білків в рослинах для боротьби зі шкідниками.	
<i>Герасименко А.С., Прилуцька С.В.</i>	202
Фактори впливу на в'язкість молочно-кислих продуктів за використання <i>Streptococcus thermophilus</i> . <i>Гулько Т. С., Бородай В. В.</i>	204
Вплив біологічних препаратів на життєдіяльність фітопатогенного гриба <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keiss.	
<i>Діхтяренко О.М., Косовська Н.А., Безноска І.В., Туровнік Ю.А.</i>	206
<i>Vohariella voharsca</i> у біотехнології: потенціал та перспективи використання.	
<i>Заварін М.А., Бойко О.А.</i>	208
Інноваційна криза в сільськогосподарській сфері України.	
<i>Зеленяк Д.О., Бородай В.В.</i>	210
Комплексне оцінювання якості і безпечності харчової продукції.	
<i>Іванова Т.Д., Коломісць Ю.В.</i>	211
Способи стерилізації шпіншини для введення в умови <i>in vitro</i> .	
<i>Каченюк О. А., Лобова О. В.</i>	213
Дослідження дії гідролізату дріжджів як біологічного захисту рослини <i>Sarcociss ammit</i> . <i>Качура В.Ю., Нестерова Н. Г.</i>	214
Дослідження ефективності та особливостей мікроклонування в умовах <i>in vitro</i> для розведення сортів лохини висококущової <i>Vaccinium corymbosum</i> L.	
<i>Кірей А.А., Коломісць Ю.В.</i>	217
Оптимізація біосинтезу циклічних ліпопептидів бактеріями роду bacillus.	
<i>Козлова С.О., Бородай В. В.</i>	218
Бактеріальні фітопатогени картоплі <i>Solanum tuberosum</i> L.	
<i>Кондратюк Д. О., Кваско О. Ю.</i>	221
Особливості введення в культуру <i>in vitro</i> клематиса манжурського (<i>Clematis manschurica</i> Wurt.). <i>Корнілова О.О., Кляченко О.Л.</i>	222
Особливості стерилізації вихідного матеріалу верби для введення в культуру <i>in vitro</i> . <i>Костючек О.С., Лобова О.В.</i>	225
Правові норми біологічного захисту населення, тварин і рослин.	
<i>Кривонос І. В., Піскупова Л. Е.</i>	226
Оцінка потенційної стійкості до посухи пшениці озимої <i>Triticum aestivum</i> L.	
<i>Леопова Т. Р., Дащенко А. В.</i>	228

УДК 602.3:582.287

***VOLVARIELLA VOLVACEA* У БІОТЕХНОЛОГІЇ: ПОТЕНЦІАЛ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ**

Заварін М.А., магістр 1-го року

Науковий керівник: *Бойко О.А.*, д.б.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України
e-mail: zavarinmishko@gmail.com

Гриби відіграють важливу роль у біотехнології завдяки їхній унікальній біології та хімічному складу. Використання грибів у біотехнології є актуальним і перспективним напрямком досліджень, яке привертає увагу науковців та промислових підприємств. Гриби мають великий потенціал у біотехнологічних застосуваннях завдяки їхній здатності до синтезу біологічно активних речовин, розкладанню органічних речовин та взаємодії з іншими організмами.

Огляд важливості використання грибів у біотехнології дозволяє зрозуміти широкий спектр можливостей, які вони відкривають у цій галузі. Від поїдання до медичних препаратів, вони є надзвичайно корисними для людини і мають великий потенціал для вирішення різних проблем сучасного світу, таких як глобальне забруднення, харчова безпека та медичні проблеми [1].

Volvariella volvacea, також відома як китайський гриб або пініта, є грибом, що належить до родини *Pluteaceae*. Він відрізняється своїм коротким життєвим циклом і швидким ростом. Гриби цього виду виростають у вологих і теплих кліматичних умовах, особливо у тропічних та субтропічних районах. *Volvariella volvacea* має важливе сільськогосподарське значення як один з найбільш швидкозростаючих грибів, і використовується як поживна та смачна страва в багатьох кухнях світу. Гриби *Volvariella volvacea* також можуть мати медичне значення, оскільки вони містять корисні біологічно активні сполуки, які можуть мати протизапальні та антиоксидантні властивості [3].

Крім того, *Volvariella volvacea* має великий економічний потенціал у сільському господарстві. Швидкий ріст грибів цього виду дозволяє збирати врожай через короткий період часу, що забезпечує швидке повернення інвестицій та високий обсяг виробництва. Вирощування *Volvariella volvacea* може стати вигідним бізнесом для фермерів, особливо в регіонах з відповідним кліматом та доступністю сировини. Таким чином, цей гриб відіграє важливу роль у забезпеченні стабільності економіки.

Якщо казати про біотехнології, то *Volvariella volvacea* грає важливу роль у біоремедіації та відновленні середовища. Цей гриб має властивості розкладати органічні речовини, такі як рослинні залишки та органічні відходи. Завдяки своїй здатності до деградації органічних матеріалів, *Volvariella volvacea* може бути використаний для очищення ґрунту та води від забруднюючих речовин, таких як важкі метали та хімічні сполуки. Під час процесу біоремедіації, гриби цього виду абсорбують забруднюючі речовини та перетворюють їх на менш токсичні або незапальні продукти. Це призводить до полегшення впливу забруднень на навколишнє середовище та зменшення ризику для здоров'я людей і тварин [2]

Існують виклики, пов'язані з ефективним використанням *Volvariella volvacea* в біотехнології. Технологічні аспекти вирощування, маркетингові стратегії, освітня робота зі споживачами, а також екологічні питання є ключовими напрямками для подальшого розвитку та дослідження.

Ці виклики включають у собі удосконалення технологій вирощування грибів для забезпечення стабільної врожайності та високої якості продукції. Крім того, розробка ефективних маркетингових стратегій і освітня робота зі споживачами є важливими для розширення ринків збуту та популяризації продукції на основі *Volvariella volvacea*. Також важливо не забувати про вирішення екологічних питань, пов'язаних з вирощуванням грибів *Volvariella volvacea*. Розробка екологічно безпечних методів культивування та вирощування може допомогти зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та зберегти природні ресурси [4].

Volvariella volvacea виявляється цінним ресурсом у біотехнології через свої унікальні харчові та біологічні властивості. Незважаючи на виклики, пов'язані з його використанням, цей гриб має великий потенціал для вирішення проблем харчової безпеки, біоремедіації та екологічного відновлення. Подальші дослідження, інновації та співпраця між науковцями, фермерами та промисловими підприємствами можуть сприяти максимальному використанню потенціалу *Volvariella volvacea* та сприяти сталому розвитку біотехнологічних застосувань цього гриба.

Список використаних джерел:

1. Антоняк Г.Л., Калинець-Мамчур З.І., Дудка І.О. та ін. Екологія грибів: монографія / Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. Львів, 2013. 628 с.
2. Даниляк М.І., Решетніков С.В. Лікарські гриби. Медичне застосування та проблеми біотехнології. Київ: Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 1996. 65 с.
3. Зерова М. Я., Сосін П. С., Роженко Г. Л. Визначник грибів України. Базидіоміцети: підруч. Київ : Наукова думка, 1979. 566 с.

4. Chandra O. Volvariella Volvacea: a paddy straw mushroom having some therapeutic and health prospective importance. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2017.