

ВЕТЕРИНАРНА ГІГІЄНА, САНІТАРІЯ ТА ЕКСПЕРТИЗА

УДК 614.31:635.8:613.26

Санітарно-гігієнічна оцінка печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) за оброблення розчинами целюлаз і бурштинової кислоти

Лясота В.П.¹, Богатко Н.М.¹, Букалова Н.В.¹, Богатко А.Ф.¹,
Мазур Т.Г.¹, Хіцька О.А.¹, Джміль В.І.¹, Присяжнюк Т.М.¹,
Ткачук С.А.², Приліпко Т.М.³, Бартків Л.Г.⁴, Болоховська В.А.⁵


¹ Білоцерківський національний аграрний університет

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

³ Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

⁴ Державне підприємство «Київський обласний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації»

⁵ ПП «БТУ-Центр» Вінницька область

 Лясота В.П. E-mail: lyasota777@gmail.com; 098-334-63-91



Лясота В.П., Богатко Н.М., Букалова Н.В., Богатко А.Ф., Мазур Т.Г., Хіцька О.А., Джміль В.І., Присяжнюк Т.М., Ткачук С.А., Приліпко Т.М., Бартків Л.Г., Болоховська В.А. Санітарно-гігієнічна оцінка печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) за оброблення розчинами целюлаз і бурштинової кислоти. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2026. № 1. С. 6–19.

Lyasota V., Bogatko N., Bukalova N., Bogatko A., Mazur T., Khitska O., Zhmil V., Prysyzhnyuk T., Tkachuk S., Prylipko T., Bartkiv L., Bolokhovska V. Sanitary and hygienic assessment of the two-spore mushroom (*Agaricus bisporus*) following treatment with cellulase and succinic acid solutions. *Nauk. visn. vet. med.*, 2026. № 1. PP. 6–19.

Рукопис отримано: 30.01.2026 р.

Прийнято: 12.02.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

Doi: 10.33245/2310-4902-2026-204-1-6-19

ISSN 2310-4902

Дотримання санітарно-гігієнічних вимог у різні фази вирощування є важливим моментом у технологічному процесі росту і розвитку їстівних грибів, зокрема печериці двоспорової. Нами були створені відповідні належні гігієнічні умови для життєдіяльності зазначеного вище їстівного гриба.

Технологічний процес вирощування печериці включає чотири самостійні, але взаємопов'язані технологічні етапи: приготування субстрату (компосту), приготування покривного матеріалу, вирощування посадкового матеріалу – міцелію (грибниці), вирощування культури.

Мета дослідження – провести санітарно-гігієнічне обґрунтування використання розчину целюлаз і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*).

Роботу виконували упродовж 2024–2025 рр. на базі навчально-наукової лабораторії кафедри ветеринарно-санітарної експертизи, гігієни продуктів тваринництва та патанатомії ім. Й.С. Загаєвського, науково-дослідної лабораторії кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та лабораторної діагностики ІПНКСВМ Білоцерківського НАУ, Державного підприємства «Київський обласний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації». Використовували методи досліджень: гігієнічні, технологічні, фізико-хімічні, мікробіологічні, статистичні.

У результаті досліджень встановлено, що використання у складі зрошувальної води ензимів целюлаз і бурштинової кислоти сприяє підвищенню гідролізу целюлози, яка міститься у субстраті та підвищенню трансформації поживних речовин із субстрату у біомасу їстівного гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*). Встановлено зниження вмісту моноцукрів у біомасі їстівного гриба печериці на 15,1–17,4 %, які перешкоджають засвоєнню

поживних речовин із грибів у шлунково-кишковому каналі людини, завдяки дії бурштинової кислоти. У разі застосування розчинів целюлаз та бурштинової кислоти покращуються хімічні показники у печериці двоспоровій завдяки зростанню вмісту: білків – на 12,5 %, вуглеводів – 9,0 % та жирів – 9,0 % ($P \leq 0,05$). Зрошення субстрату для печериці водою із вмістом 0,01 % целюлози і 0,01 % бурштинової кислоти підвищує врожайність грибів на 14,1 %.

Найбільша економічна ефективність за технології вирощування печериці двоспорової за дії целюлаз та бурштинової кислоти була отримана у разі використання фільтрованої води із вмістом 0,01 % целюлаз і 0,01 % бурштинової кислоти. Ефективність вирощування становила 275,5 грн за 9,84 кг на 1 м², що на 34,2 грн або 14,2 % більше, ніж у контрольному варіанті.

Розроблено спосіб використання розчинів целюлаз і бурштинової кислоти за технології вирощування гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) та розраховано його ефективність. Зрошення проводили щодоби після внесення субстрату у ящики, а також після нанесення покривного матеріалу. З метою впровадження застосування розчину целюлаз і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці планується розробити методичні рекомендації «Застосування розчину целюлаз і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці (*Agaricus bisporus*)».

Ключові слова: санітарно-гігієнічна оцінка, гриб печериця, технологія вирощування, розчини целюлаз і бурштинової кислоти, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники, безпека, якість, гігієна.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Санітарно-гігієнічні аспекти вирощування їстівних грибів (печериць, гливи, шийтаке) спрямовані на запобігання забрудненню продукції, забезпечення безпеки споживачів та захист здоров'я персоналу. Це комплекс заходів, що включає контроль гігієнічних умов в процесі виробництва – за середовищем, субстратом, приміщенням та персоналом [2, 4].

Санітарно-гігієнічні та технічні заходи спрямовані на оптимізацію технологічного процесу та умов праці на підприємствах. Це дозволяє надійно та ефективно налагодити роботу із системи припливно-витяжної вентиляції. Ремонтні роботи з очищення окремих вузлів необхідно проводити із застосуванням індивідуальних засобів захисту органів дихання та шкірних покривів. Прибирання пилу в основних виробничих приміщеннях має бути механізованим і здійснюватися за допомогою централізованих вакуумних гідрозливів. З метою осадження пилу, зменшення мікробного забруднення повітря необхідно передбачити іонізацію виробничих приміщень за допомогою утворення аероіонів під дією іонізаторів промислового типу [18, 32].

Санітарно-гігієнічні заходи для зниження мікробіологічної забрудненості спрямовані на проведення систематичної дезінфекції виробничих приміщень і технічного обладнання

із застосуванням дозволених засобів санітарної обробки [35].

Їстівні гриби як харчовий продукт стають все більш популярними з кожним роком. Вживання вирощених грибів дозволяє уникнути отруєння невідомими грибами, що ростуть у природі. Гриби, що культивують в штучних умовах, майже не містять шкідливих речовин, їх можна їсти без ризику для здоров'я [16].

Розвиток виробництва їстівних грибів, особливо шампінйонів, в Україні набуває широкого практичного значення [8, 17]. Сьогодні наша держава займає четверте місце в Європі по вирощуванню грибів, серед яких 90 % становлять печериці, 9 % гливи та 1 % інші гриби. У 2025 р. вирощуванням грибів займалося понад 300 підприємств [30]. Зростання попиту споживачів на гриби обумовлено тим, що вони є цінним дієтичним продуктом, оскільки містять усі незамінні амінокислоти, клітковину, що нормалізує діяльність корисної мікрофлори людського організму, виводить з організму токсичні речовини, зокрема холестерол. До їх складу входять мінеральні речовини, ряд вітамінів, а також біологічно активні речовини, що мають протипухлинні, антивірусні та інші лікувальні властивості. Водночас, гриби містять мало ліпідів і легкозасвоюваних вуглеводів, що робить їх низькокалорійними.

Сучасні потужності з вирощування грибів досить ефективно використовують санітарно-гігієнічні умови, передбачені законодавчими актами, що є важливим аспектом для забезпечення безпечності та якості цих харчових продуктів. Водночас систематично ведуться пошуки удосконалення технології з метою покращення харчової цінності, показників якості грибів.

Метою дослідження було провести санітарно-гігієнічне обґрунтування використання розчину целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*).

Матеріал і методи дослідження. Робота виконувалась на базі лабораторій кафедр: ветеринарно-санітарної експертизи, гігієни продуктів тваринництва та патанатомії ім. Й.С. Загаєвського, науково-дослідній лабораторії харчових технологій і переробки продукції тваринництва, ветеринарно-санітарної експертизи та лабораторної діагностики ПНКСВМ Білоцерківського НАУ, Державному підприємстві «Київський обласний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» протягом 2024–2025 р.р.

До основних завдань належали: ознайомлення із біологічними основами культивування їстівних грибів; вивчення гігієнічних умов та технології вирощування їстівних грибів для вирішення питання попередження забруднення навколишнього середовища відходами сільського господарства. Обґрунтування ефективності використання розчину целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*). Встановлення економічної ефективності застосування розчину целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці.

Для вивчення ефективності використання розчину целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) було сформовано

контрольний і дослідний варіанти. У контрольному варіанті як досліджуваний фактор (для зволоження субстрату) застосовували фільтровану водопровідну питну воду [1].

У першому дослідному варіанті застосовували фільтровану воду із вмістом 0,01 % целюлази і 0,01 % бурштинової кислоти. В основі другого дослідного варіанту було застосування фільтрованої води із вмістом 0,02 % целюлази і 0,02 % бурштинової кислоти. Маса субстрату у кожному ящику становила вісім кілограмів. Зрошення проводили щодоби після внесення субстрату у ящики, а також після нанесення покривного матеріалу у кількості – 1 дм³ на 1 м² за добу (у два прийоми), застосовуючи спеціальну поливалку.

Схема досліду використання розчинів целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) відображена у табл. 1.

Технологічний процес вирощування печериці двоспорової включає низку технологічних підходів: приготування субстрату (компосту), приготування покривного матеріалу, вирощування посадкового матеріалу – міцелію (грибниці) та вирощування культури.

Приготування субстрату на злаковій основі 1: 1000 кг роздробленої, висушеної на повітрі соломи (пшениця) з додаванням 60,0–80,0 кг бройлерного курячого посліду (N=3 %, вологість 35,0 %) – співвідношення 1: 0,85: 1; гіпс 50–65 кг з додаванням 40,0–45,0 л води. Вихід готового субстрату 1 тonna (з вмістом N 2,0 %). Вологість субстрату 66–68 %, колір муровий з блакитно-білими плямами актиноміцетів, не клейкий, солома тьмяна, коротка, темно-коричневого кольору. Після приготування субстрат уклали в культивацийному приміщенні у спеціальні дерев'яні форми гребневими грядками. Витримували субстрат 5–7 діб, щоб після саморозігріву його температура знизилася до 23–25 °C [7, 37].

Таблиця 1 – Схема досліду використання розчинів целюлази і бурштинової кислоти за технології вирощування печериці двоспорової

| Варіант | Маса субстрату у кожному ящику, кг | Досліджуваний фактор |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольний | 8 | Фільтрована водопровідна питна вода |
| I дослідний | 8 | Фільтрована водопровідна питна вода із вмістом 0,01 % целюлази і 0,01 % бурштинової кислоти |
| II дослідний | 8 | Фільтрована водопровідна питна вода із вмістом 0,02 % целюлази і 0,02 % бурштинової кислоти |

Посів міцелію печериць і його зростання в субстраті. Зерно пшениці попередньо стерилізували, потім заражали міцелієм в стерильних умовах. Вирощували в спеціальних мішках з полімерної плівки. Міцелій висівали, розкидаючи вручну на поверхні шару субстрату. Гнойовий міцелій садили шматочками масою по 15–20 г (завбільшки з куряче яйце) в шаховому порядку на відстані 19–25 см з глибиною закладання 4–6 см. Для цього верхній шар субстрату піднімали рукою, клали в ямку шматочок міцелію та притискали його шаром субстрату. Міцелій добре приживався і активно ріс за температури 25–27 °С і вологості повітря 90–95 %.

Для приготування **покривного матеріалу** використовували свіжий торф, його дезінфекцію проводили в камері на стелажі, за допомогою зрошення розчином формаліну (0,5 % формалін, витрата розчину 80–100 л на 100 м²) або поливною водою з розрахунку 0,25–0,5 л 40 % формаліну на 25 м² поверхні стелажу. Насипання покривного матеріалу на основі торфу проводили шаром 3,5–4,5 см; його витрати становили 4,0–4,5 м³ на 100 м² корисної площі.

Висівання міцелію. Інокуляцію субстрату міцелієм проводили за його температури 25–28 °С. На 1 м² вносили 500 г компостного міцелію або 300–400 г зернового. На 1 м² стелажу або грядки розміщували до 100 кг субстрату. Основну масу посівної грибниці (близько 80 %) вносили на глибину 12–15 см, решту – рівномірно розкидали по поверхні і злегка ущільнювали. Після інокуляції поверхню закривали папером, який щоденно зволожували. Температуру субстрату підтримували в межах 22–25 °С, повітря – на 1–3 °С нижчою (табл. 2).

Приготування і нанесення покривного ґрунту. Для приготування покривного ґрунту використовували торф (90 %) з додаванням піску і крейди (по 5 %). Покривні суміші готували також із супіщаних і легкосуглинкових ґрунтів, річкового піску, перліту, цеоліту тощо. Складові частини перемішували, просіювали через сито з діаметром отворів 3–4 см, дезінфікували розчином формальдегіду (10 дм³ з масовою концентрацією 3–4 % на 1 т покривного ґрунту) або пропарювали суміш протягом 6–10 год за температури 60–70 °С. Після утворення зародків плодових тіл – примордіїв, яке припадало на 15–17 добу з моменту нанесення покривного ґрунту, полив припиняли.

Догляд за культурою. У перші 3–4 доби після насипання покривний матеріал зволожували до 75–85 % повної вологості. Перший полив проводили відразу після закінчення насипання покривного матеріалу. Норма

поливу спочатку становила 2,5–3,0 л/м², її поступово зменшували до 1 л/м² для підтримки вологості покривного матеріалу. Через 7–8 діб міцелій проростав у шарі покривного матеріалу і місцями з'являвся на його поверхні. Період вегетативного росту міцелію закінчувався, культуру починали готувати до плодоношення. Приміщення охолоджували вентиляцією протягом 1–3 діб, знижуючи температуру повітря до 15–16 °С; температура субстрату знижувалася до 19–22 °С. Концентрація CO₂ до кінця періоду охолодження зменшувалася до 0,08–0,10 %.

Збір печериць. Плодоносити печериця починала через 21–23 доби. Плодові тіла печериць збирали в стані споживчої стиглості, викручуючи їх з шару покривного матеріалу. У зібраних печериць обрізали нижню частину ніжки і плодові тіла сортували, відходи збирали в спеціальну тару і видаляли із шампінйонниці. Після закінчення хвилі плодоношення, поверхню гряд очищали від залишків ніжок, відмерлих зародків, плодових тіл і зрошених грудками гіф міцелію, а ямки, що утворилися, засипали свіжим покривним матеріалом.

Плодові тіла з'являлися періодично, у грибовництві таке явище називається хвилями плодоношення. Воно зумовлене тим, що після появи максимальної кількості грибів і їх збору, відбувається поповнення міцелію поживними речовинами і водою для появи наступної хвилі, яка розпочинається через 6–10 діб. Найбільш урожайними є перші дві хвилі.

У період плодоношення оптимальна температура повітря становила – 16 °С, відносна вологість – 85–90 %, концентрація CO₂ – до 0,1 %. Для забезпечення оптимальних параметрів газового режиму потрібна вентиляція приміщення з розрахунку 3–4 м³/м² год. Період збирання врожаю триває 30–60 діб, протягом яких утворюються 5–6 хвиль. Перші три хвилі, які закінчуються на 30–40 добу, забезпечують 70–80 % загального врожаю.

Відбір плодових тіл печериці для досліджень проводили із різних ящиків та місць плодоношення. Дослідженню піддали ніжку та шапинку [7, 37].

Методи досліджень. Під час досліду визначали гігієнічні показники мікроклімату: температуру, відносну вологість, газовий склад повітря та освітленість. Температуру і відносну вологість повітря вимірювали за допомогою статистичного психрометра Августа. Відносну вологість визначали за психрометричною таблицею і графіком. Коливання температури і відносної вологості повітря реєстрували тижневими термографами типу М-16А і тижневими гігрографами типу М-21А.

Концентрацію двоокису вуглецю (CO₂) в приміщенні визначали методом В.Д. Прохорова. Всі показники мікроклімату в приміщенні визначали один раз на три доби, 3 рази на добу: вранці (9 година), по обіді (13–14 година) та ввечері (18–19 година). Визначення проводили в трьох точках по діагоналі приміщення на двох рівнях: на висоті 30–100 см (в зоні знаходження людини). Освітленість. Визначали за допомогою люксметра Ю-116 [36].

Фізико-хімічні: визначення хімічного складу (води, білків, жирів) у їстівних грибах проводили лабораторними методами: вміст води – висушуванням (термогравіметрія), білків – методом К'ельдаля (азот), жирів – екстракцією в апараті Сокслета.

Вміст моноцукрів – за Бертраном (метод кількісного визначення вмісту цукрів), який базується на здатності редукуючих цукрів, що мають вільну альдегідну або кетонну групу, відновлювати в лужному середовищі сірчанокислу мідь у закисну. Осад закису міді розчиняють у сірчанокислому залізі за наявності сірчаної кислоти. При цьому закис міді окислюється залізом, відновлюючи його в закисне, останнє окислюється розчином перманганату калію [7].

Мікробіологічні показники субстрату та печериці двоспорової встановлювали за кількістю МАФАНМ, наявністю патогенних мікроорганізмів роду: *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* згідно з вимогами нормативно-правових

документів [6, 9, 10–14]. Також дослідили субстрат і гриби на наявність дріжджів та пліснявих грибів [15].

Розрахунок економічної ефективності вирощування грибів [36].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за використання комп'ютерних програмних пакетів «Microsoft Excel», «Maple-12» (фірми Maplesoft, 2008), здійснювали варіаційно-статистичну обробку цифрових даних. Достовірність визначали за критерієм Ст'юдента з урахуванням межі достовірності: P≤0,05; P≤0,01; P≤0,001 [36].

Результати дослідження та обговорення. Обґрунтування доцільності вирощування їстівного гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*).

Технологічний процес вирощування печериці. Технологічний процес вирощування печериці двоспорової передбачає чотири самостійні, взаємопов'язані технологічні процеси: приготування субстрату (компосту), приготування покривного матеріалу, вирощування посадкового матеріалу – міцелію (грибниці), вирощування культури (рис. 1.).

Параметри мікроклімату у різні фази росту печериці двоспорової за показниками температури, відносної вологості (%), концентрації вуглекислого газу (%) та потреби в притоці свіжого повітря (м³ на 1 м²) за період вирощування відповідали санітарно-гігієнічним вимогам.

Відхилень від технологічних параметрів за показниками мікроклімату не встановлено (табл. 2).

Таблиця 2 – Параметри мікроклімату у різні фази росту печериці двоспорової (M±m, n=3)

| Показник | Фази росту | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| | I | II | III |
| Температура повітря, °C: | 22,0±0,81 | 19,0±0,53 | 16,4±0,98 |
| оптимальна | 20–23 | 17–20 | 15–17 |
| максимальна | 30 | 21 | 22 |
| мінімальна | 15 | 13 | 11 |
| Температура субстрату, °C: | 24,0±0,59 | 17,0±0,78 | 15,2±0,94 |
| оптимальна | 22–25 | 18–22 | 16–18 |
| максимальна | 28 | 26 | 28 |
| мінімальна | 18 | 16 | 13 |
| Відносна вологість повітря, %: | 87,0±0,92 | 87,0±0,85 | 81,0±0,77 |
| оптимальна | 93–98 | 93–98 | 85–88 |
| максимальна | 99 | 99 | 95 |
| мінімальна | 85 | 85 | 75 |
| Вміст CO ₂ , % за об'ємом: | 0,61±0,09 | 0,07±0,008 | 0,05±0,007 |
| нормальний | 0,5 | 0,05–0,15 | 0,05–0,15 |
| максимальний | 2,0 | 0,2 | 0,3 |
| Потреба в притоці свіжого повітря, м ³ на 1 м ² корисної площі на год. | Незначна | 1–4 | 4–7 |

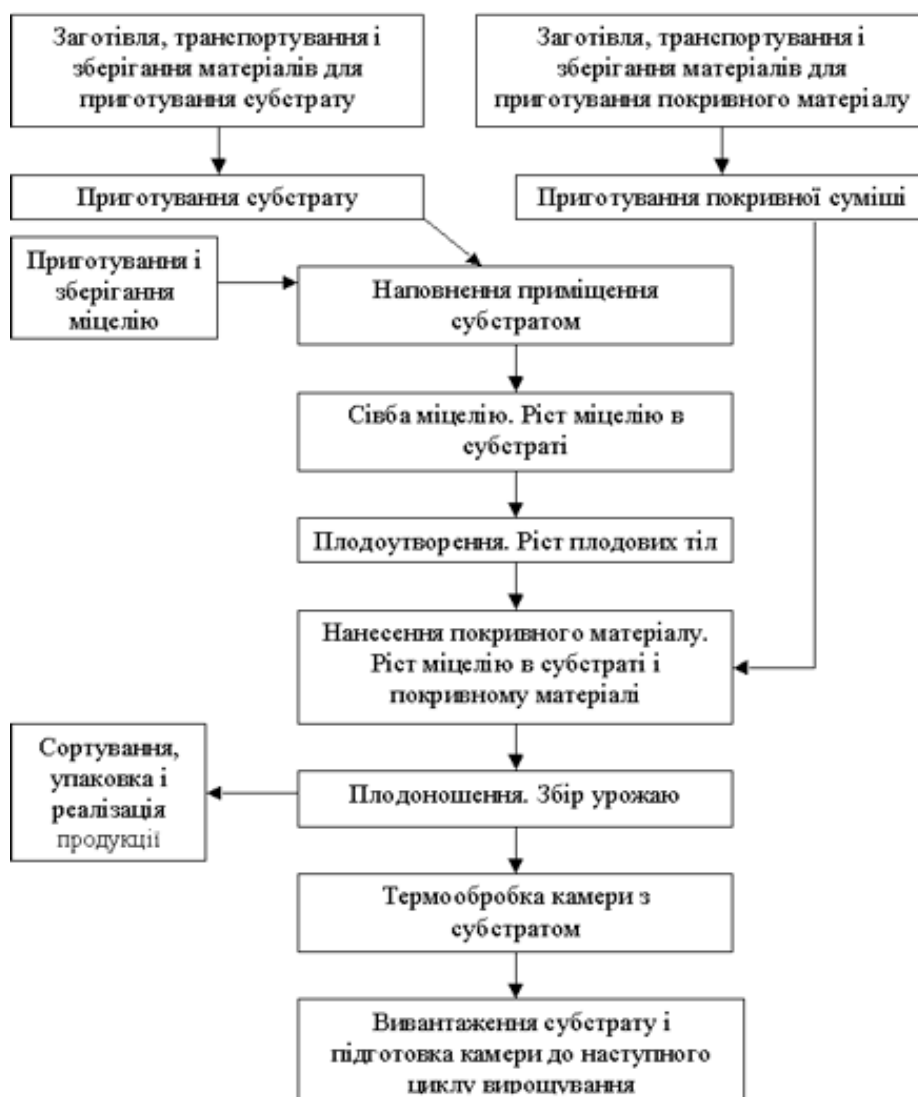


Рис. 1. Схема технологічного процесу виробництва печериці двоспорової.

Вміст моноцукрів у печериці двоспоровій за дії целюлаз та бурштинової кислоти. В результаті визначення вмісту моноцукрів у печериці двоспоровій за дії целюлаз та бурштинової кислоти було встановлено, що у ніжках першої дослідної групи він був меншим на 19,2 % ($11,3 \pm 0,46^*$ – дослід 1) та на 20,7 % у другій дослідній групі ($11,1 \pm 0,12^*$) проти $14,0 \pm 0,21$ – контроль (табл. 3).

Аналогічна тенденція властива і для шапки гриба, зокрема у шапці першої дослідної групи вміст моноцукрів був меншим на 15,1 % ($7,3 \pm 0,46^*$ – дослід 1) та на 17,4 % у другій дослідній групі ($7,1 \pm 0,92^*$) проти $8,6 \pm 0,31$ контролю.

Отримані результати досліджень вказують на те, що застосування розчинів целюлаз та бурштинової кислоти покращують гідроліз

технічного субстрату, а отже сприяють більш активному росту міцелію.

Вміст хімічних речовин печериці двоспорової за дії целюлаз та бурштинової кислоти відображено у табл. 4.

В результаті визначення вмісту хімічних показників (води, білків, вуглеводів та клітковини) у печериці двоспорової у разі застосування розчинів целюлаз та бурштинової кислоти за вирощування гриба було встановлено, що вказані вище показники покращуються завдяки зростанню концентрації: білків на 12,5 %, вуглеводів – 9,0 % та жирів – 9,0 % порівняно із контролем.

Були проведені мікробіологічні випробування субстрату, на якому вирощували печериці двоспорові за дії целюлаз та бурштинової кислоти (табл. 5). Слід зазначити, що за законодавчими вимогами вміст БГКП

(колі-форми) у 0,1 г субстрату не допускається, також патогенні мікроорганізми, зокрема *Salmonella* не допускаються у 25 г субстрату; бактерії роду *Staphylococcus aureus* – у 0,01 г субстрату, *Escherichia coli* – у 0,1 г; бактерії роду *Proteus* – у 0,01 г субстрату не допускаються, вміст пліснявих грибів і дріжджів допускається не більше 25 та 15 КУО/г відповідно. Найменша кількість МАФАНМ у субстраті була відмічена у досліді II $(1,24 \pm 0,02) \times 10^2$ КУО/г, що у 2,6 рази достовірно менше, порівняно з показниками контролю.

Кількість МАФАНМ у субстраті (дослід I) була достовірно меншою у 1,6 рази порівняно з показниками контролю. Показники вмісту пліснявих грибів та дріжджів у субстраті контрольної та дослідної групи I були в межах нормативів, проте високу вірогідність мав показник плісеневих грибів у дослідній групі I – 6 ± 1 КУО/г порівняно до показників контрольної групи.

Мікробіологічні показники печериці двоспорової за дії целюлаз та бурштинової кислоти представлено у табл. 6.

Таблиця 3 – Вміст моноцукрів у печериці двоспоровій за дії целюлаз та бурштинової кислоти ($M \pm m$, мг/кг, n=10)

| Варіант | Ніжка | Шапінка |
|-----------|------------|-----------|
| Контроль | 14,0±0,21 | 8,6±0,31 |
| Дослід I | 11,3±0,46* | 7,3±0,46* |
| Дослід II | 11,1±0,12* | 7,1±0,92* |

Примітка: * – $P \leq 0,001$.

Таблиця 4 – Вміст хімічних речовин (води, білків, вуглеводів, клітковини та жирів) у печериці двоспоровій за дії целюлаз та бурштинової кислоти г на 100 грам продукту ($M \pm m$, n=10)

| Показник | Контроль | Дослід I | Дослід II | % (Дослід I до контролю) |
|------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| Вода | 89,0±3,17 | 89,0±2,27 | 89,0±2,41 | – |
| Білки | 4,0±0,11 | 4,5±0,38* | 4,2±0,33 | 12,5 |
| Вуглеводи | 3,3±0,15 | 3,6±0,13* | 3,3±0,25 | 9,0 |
| Клітковина | 1,2±0,21 | 1,2±0,35 | 1,2±0,47 | – |
| Жири | 1,1±0,35 | 1,2±0,37 | 1,2±0,51 | 9,0 |

Примітка: * – $P \leq 0,001$.

Таблиця 5 – Мікробіологічні показники субстрату, на якому вирощені печериці за дії розчинів целюлаз і бурштинової кислоти ($M \pm m$, КУО/г, n=10)

| Показник | Контроль | Дослід I | Дослід II |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| КМАФАНМ*, КУО/г | $(3,28 \pm 0,07) \times 10^2$ | $(2,05 \pm 0,03) \times 10^2$ * | $(1,24 \pm 0,02) \times 10^2$ * |
| БГКП (колі-форми), у 0,1 г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Патогенні мікроорганізми, у 25 г субстрату, зокрема: <i>Salmonella</i> | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| <i>Escherichia coli</i> , у 0,1 г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Staphylococcus aureus</i> , у 0,01 г субстрату | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Proteus</i> , у 0,01 г субстрату | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Плісняві гриби, КУО/г | 24±2 | 6±1* | не виявлено |
| Дріжджі, КУО/г | 13±2 | не виявлено | не виявлено |

Примітка: * – нормативи КМАФАНМ – не більше (5×10^3) КУО/г; * – $P \leq 0,001$.

Таблиця 6 – Мікробіологічні показники печериці двоспорової за дії розчинів целюлаз і бурштинової кислоти під час вирощування гриба ($M \pm m$, КУО/г, $n=10$)

| Показник | Контроль | Дослід I | Дослід II |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| КМАФАнМ*, \log_{10} КУО/г | 3,41±0,02 | 2,12±0,02* | 1,23±0,02* |
| БГКП (колі-форми), у 0,1 г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Патогенні мікроорганізми, у 25 г грибів, зокрема: <i>Salmonella</i> | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| <i>Escherichia coli</i> , у 0,1 г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Staphylococcus aureus</i> , у 0,01 г грибів | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Proteus</i> , у 0,01 г грибів | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Pseudomonas</i> , у 0,01 г грибів | не виявлено | невиявлено | не виявлено |
| Бактерії роду <i>Enterobacteriaceae</i> , у 0,01 г грибів | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Плісняві гриби, КУО/г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |
| Дріжджі, КУО/г | не виявлено | не виявлено | не виявлено |

Примітка: * – нормативи загальної кількості мезофільних аеробних мікроорганізмів у грибах – не більше $3,35 \log_{10}$ КУО/г; * – $P \leq 0,001$.

Отже, встановлено, що найменша КМАФАнМ відмічена у печерицях за використання в технології вирощування водопровідної питної води із вмістом 0,02 % целюлаз і 0,02 % бурштинової кислоти, у досліді II ($1,22 \pm 0,02$) \log_{10} КУО/г, що у 2,8 рази достовірно менше ($P \leq 0,001$) порівняно з показниками контролю. Встановлена КМАФАнМ у печерицях двоспорових у досліді I була достовірно меншою у 1,6 рази ($P \leq 0,001$) порівняно з показниками контролю. Інших мікроорганізмів (табл. 6), пліснявих грибів та дріжджів у контрольній та дослідних групах печериць двоспорових не виявлено.

Економічна ефективність. За визначення економічної ефективності печериці двоспорової за дії целюлаз і бурштинової кислоти за технології вирощування їстівного гриба печериці встановлено, що цей показник у першій дослідній групі становив 275,5 грн, у другій дослідній – 270,7 грн проти 241,3 грн у контролі (табл. 7).

Отже, результати науково-практичної роботи показали, що найбільша економічна

ефективність за технології вирощування печериці двоспорової за дії целюлаз та бурштинової кислоти була отримана у разі використання фільтрованої води із вмістом 0,01 % целюлаз і 0,01 % бурштинової кислоти. Ефективність вирощування становила 275,5 грн за 9,84 кг на 1 м², що на 34,2 грн або 14, 2 % більше, ніж у контрольному варіанті.

Важливим моментом у технологічному процесі вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) є забезпечення та дотримання санітарно-гігієнічних вимог (параметрів мікроклімату у різні фази росту та розвитку). Нами були створені відповідні належні умови для життєдіяльності зазначеного вище їстівного гриба.

Параметри мікроклімату у різні фази росту печериці двоспорової за показниками температури, відносної вологості (%), концентрації вуглекислого газу (%) та потреби в притоці свіжого повітря (м³ на 1 м²) за період вирощування відповідали санітарно-гігієнічним вимогам. Відхилень від цих технологічних параметрів не встановлено.

Таблиця 7 – Економічна ефективність вирощування печериці двоспорової за дії целюлаз та бурштинової кислоти

| Варіант | Величина шапинок, см | Маса грибів, кг на 1 м ² | Ефективність вирощування, грн |
|-----------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Контроль | 3,5–5,0 | 8,62±0,342 | 241,3 |
| Дослід I | 3,0–4,2 | 9,84±0,243 | 275,5 |
| Дослід II | 3,0–4,2 | 9,67±0,816 | 270,7 |

Примітка: реалізаційна ціна 1 кг печериці двоспорової – 28,0 грн (за цінами листопада 2024 р.).

Плодоносити печериця починала через 21–23 доби після поповнення міцелію поживними речовинами (гобтування). Плодові тіла з'являлися періодично. Таке явище у грибівництві називається хвилями плодоношення. Воно зумовлено тим, що після появи максимальної кількості грибів і їх збору, відбувається поповнення міцелію водою, поживними речовинами, для появи наступної хвилі, яка розпочинається через 6–10 діб. Найбільш урожайними є перші дві хвилі [21, 24, 27, 34].

У період плодоношення оптимальна температура повітря становила 16 °С, відносна вологість – 85–90 %, концентрація CO₂ – до 0,1 %. Для забезпечення оптимальних параметрів газового режиму потрібна вентиляція приміщення з розрахунку 3–4 м³/м² год. Період збирання врожаю триває 30–60 діб, протягом яких утворюються 5–6 хвиль. Перші три хвилі, які закінчуються на 30–40 добу, забезпечують 70–80 % загального врожаю. Тому дослідники вказують, що продовжувати період збирання понад ці строки економічно недоцільно [25, 26, 28, 33, 35].

Використання у складі зрошувальної води ензимів целюлази і бурштинової кислоти сприяє підвищенню гідролізу целюлози, яка міститься у субстраті та підвищенню трансформації поживних речовин із субстрату у біомасу істівного гриба печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*).

Встановлено зниження вмісту монооцукрів у біомасі істівного гриба печериці двоспорової, які перешкоджають засвоєнню поживних речовин із грибів у шлунково-кишковому каналі людини, завдяки дії бурштинової кислоти. Доведено, що за впливу бурштинової кислоти вміст монооцукрів у біомасі істівного гриба печериці знижується на 15,1–17,4 %.

Зрошення субстрату для печериці водою із вмістом 0,01 % целюлази і 0,01% бурштинової кислоти підвищує врожайність грибів на 14,1 %.

За застосування розчинів целюлази та бурштинової кислоти покращуються хімічні показники у печериці двоспорової завдяки зростанню вмісту: білків на 12,5 %, вуглеводів – 9,0 % та жирів – 9,0 % порівняно із контролем.

Отримані результатами досліджень узгоджуються з даними інших науковців, які обґрунтовують ефективність використання різних біологічно активних речовин та компонентів за технології вирощування істівних грибів [2, 4, 5, 16, 17, 22, 23, 29, 31, 35].

Найменша кількість МАФАНМ у субстраті була відмічена у досліді II (за використання

в технології вирощування печериці двоспорової фільтрованої водопровідної питної води із вмістом 0,02 % целюлази і 0,02 % бурштинової кислоти) $(1,24 \pm 0,02) \times 10^2$ КУО/г, що у 2,6 рази менше ($P \leq 0,001$), порівняно з показниками контролю ($P \leq 0,001$). Кількість МАФАНМ у субстраті досліді I була меншою у 1,6 рази порівняно з показниками контролю. Показники вмісту пліснявих грибів та дріжджів у субстраті контрольної та дослідної групи I були в межах нормативів.

Ряд дослідників [19, 20, 22, 24] вказують на необхідність постійного моніторингу якості істівних грибів із використанням методів сенсорного аналізу, що прискорить отримання науково-практичних даних і використання розроблених методик контролювання інших показників безпечності та якості харчової продукції.

Задоволення потреби споживачів харчовими продуктами, зокрема, істівними грибами, ґрунтується на врахуванні санітарно-гігієнічних умов вирощування, безпечності, якості, а також і харчових вподобань різних категорій населення.

Одним з критеріїв поліпшення безпечності та якості істівних грибів, як харчових продуктів, є застосування розчину целюлази та бурштинової кислоти за технології вирощування гриба печериці (*Agaricus bisporus*).

Висновки. 1. Санітарно-гігієнічні показники мікроклімату (температура, відносна вологість, концентрація вуглекислого газу та потреба в притоці свіжого повітря) у різні фази росту печериці двоспорової були в межах норми.

2. Використання у складі зрошувальної води ензимів целюлази і бурштинової кислоти сприяло підвищенню гідролізу целюлози та трансформації поживних речовин із субстрату у біомасу печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*).

3. Встановлено, що завдяки дії бурштинової кислоти у біомасі печериці двоспорової знижувався вміст монооцукрів на 15,1–17,4 %, які перешкоджають засвоєнню поживних речовин із грибів у шлунково-кишковому каналі людини.

4. Застосування розчинів целюлази та бурштинової кислоти покращило харчову цінність печериці двоспорової завдяки зростанню вмісту білків на 12,5 %, вуглеводів – 9,0 % та жирів – 9,0 %. Відмічали пригнічення росту мікроорганізмів, плісневих грибів і дріжджів.

5. Зрошення субстрату для печериці двоспорової фільтрованою водопровідною питною водою із вмістом 0,01 % целюлази

і 0,01 % бурштинової кислоти підвищило врожайність грибів на 14,1 %.

6. Економічна ефективність вирощування печериці за використання фільтрованої питної води із вмістом 0,01 % целюлаз і 0,01 % бурштинової кислоти була найвищою та становила 275,5 грн за 9,84 кг на 1 м², що на 34,2 грн або 14,2 % більше, ніж у контрольному варіанті.

Відомості про дотримання біоетичних норм. Під час проведення досліджень дотримувались біоетичних норм відповідно до висновку Біоетичного комітету БНАУ № 15/18 від 12.08.2024 р.

Відомості про конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Під час експериментальних досліджень та оформлення статті автори провели наступну роботу: Лясота В.П. здійснював наукове керівництво роботою, формування методології досліджень, узагальнення результатів, підготовку основного тексту статті. Богатко Н.М., Мазур Т.Г., Букалова Н.В. – проведення мікробіологічних досліджень зразків печериці двоспорової, аналіз та статистичну обробку одержаних результатів. Богатко А.Ф., Хіцька О.А., Джміль В.І. – проведення фізико-хімічних досліджень з подальшим аналізом та статистичною обробкою результатів. Присяжнюк Н.М., Ткачук С.А., Приліпко Т.М. здійснювали контроль параметрів мікроклімату у різні фази росту печериці двоспорової, оформлення відповідного підрозділу «Технологічний процес вирощування печериці. Приготування субстрату» та розрахунки економічної ефективності вирощування грибів за дії целюлаз і бурштинової кислоти. Бартків Л.Г., Болоховська В.А. забезпечували нормативний супровід наукових досліджень (пошук наукових джерел для огляду літератури, вибір стандартизованих методик, процедури відбору та підготовки зразків, законодавчі вимоги).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 2010-10-23]. Київ: Міністерство економіки та розвитку України, 2014. 25 с.
2. Волошка О.Г. Перспективні шляхи використання печериць у харчових технологіях: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи» (м. Старобільськ, 14–15 квітня 2020 р.). Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, 2020. С. 196–198.
3. ДСТУ ISO 7561-2001, (ISO 7561:1984, IDT). Гриби культивовані. Настанови щодо зберігання

та транспортування в умовах охолодження. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2002. 12 с.

4. Гунько С.М., Тринчук О.О. Вплив умов зберігання на біохімічні показники грибів печериця двоспорова та глива звичайна. Овочівництво і баштанництво, 2014. Вип. 60. С. 81–88. URL: <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/download/360/484>

5. Іванова Т.В., Патица М.В., Туліветрова К.Р. Особливості виявлення патогенних бактерій та контроль їх поширення у біотехнологічному процесі культивування печериць. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 1. С. 129–132. DOI:10.31395/2310-0478-2020-1-129-132.

6. Мікробіологічні критерії для встановлення показників безпечності харчових продуктів: наказ МОЗ України від 19.07. 2012 р. № 548; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 3 серпня 2012 р. за № 1321/21633. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12#Text>.

7. СОУ 01.12-37-917:2010. Печериця двоспорова свіжа. Технічні умови. [Чинний від 2011-04-01]. Київ: Міністерство аграрної політики України, 2010. 12 с. (Стандарт Міністерства аграрної політики України).

8. Проект "Зміцнення спроможності галузевих асоціацій до аналізу політики дерегуляції і розвитку саморегулювання у сфері безпечності і якості аграрної продукції". Аграрний союз України. Аналітичний центр. URL: http://www.aau.org.ua/media/publications/491/files/AC_AUU_Report-1-5-3_2018_01_31_11_41_15_871678.pdf.

9. ДСТУ 8446:2015. Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 18 с.

10. ДСТУ ENISO 6579-1:2022. Мікробіологія харчового ланцюга. Горизонтальний метод виявлення, підрахунку та серотипування *Salmonella*. Частина 1. Виявлення *Salmonella* spp (ENISO 6579-1:2017, IDT; ISO 6579-1:2017, IDT). [Чинний від 2023-12-31]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2024. 21 с.

11. ДСТУ ISO 16649-2:2014. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування б-глюкуронідаза-позитивних *Escherichia coli*. Частина 2. Техніка підрахування колоній за температури 44 °С з використанням 5-бромо-4-хлоро-3-індоліл-б-D-глюкуроніду (ISO 16649-2:2001, IDT). [Чинний від 2015-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 14 с.

12. ДСТУ ENISO 6888-3:2019. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку коагулазопозитивних стафілококів (*Staphylococcus aureus* та інших видів). Частина 3. Виявлення та MPN-техніка для малих чисел (EN ISO 6888-3:2003, IDT; ISO 6888-3:2003, IDT). [Чинний від 2019-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 17 с.

13. ДСТУ 7444:2013. Продукти харчові. Методи виявлення бактерій родів *Proteus*, *Morganella*,

Providencia. [Чинний від 2014-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. 22 с.

14. DSTU ISO 21528-2:2014. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування ентеробактерій (*Enterobacteria ceae*). Частина 2. Метод підрахування колоній (ISO 21528-2:2004, IDT). [Чинний від 2015-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 14 с.

15. DSTU 8447:2015. Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 9 с.

16. Приліпка О.В. Стан і перспективи розвитку галузі грибовництва в Україні. «Вісник ЖДТУ»: Економіка, управління та адміністрування, 2017. Вип. 1 (43). С. 221–226. DOI:10.26642/jen-2008-1(43)-221-226.

17. Сімахіна Г. Сушені культивовані гриби як цінне джерело білків та амінокислот. Міжнародний науковий журнал інженерії та сільського господарства. 2024. Вип. 3 (5). С. 110–119. DOI:10.46299/j.isjea.20240305.11.

18. Степанова Т., Кондратюк Н. Перспективи використання культивованих грибів у технології ковбасних виробів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення у сучасних технологіях. 2019. № 2. С. 75–80. DOI:10.20998/2413-4295.2019.02.11.

19. Наконечна Ю.Г., Хомич Г.П., Олійник Н.В., Олійник Л.Б. Використання вакууму в технологіях переробки грибів печериць. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 1. С. 77–83. DOI:10.31395/2310-0478-2021-1-77-83.

20. Ковальов М.М. Врожайність грибів печериці двоспорової залежно від виду біопрепаратів при вирощуванні на ЕМ компості. Аграрні інновації. 2024. № 23. С. 83–91. DOI:10.32848/agr.ar.innov.2024.23.12.

21. Changes in the quality parameters of mushrooms depending on the duration and conditions of storage / S. Gunko et al. Food science and technology. 2021. Vol. 15 (1). P. 125–135. DOI:10.15673/fst.v15i1.1961.

22. Kulshreshtha S. Mushroom as Prebiotics: a Sustainable Approach for Healthcare. Probiotics and antimicrobial proteins. 2024. Vol. 16 (3). P. 699–712. DOI:10.1007/s12602-023-10164-5.

23. Sousa A.S., Araújo-Rodrigues H., Pinto M.E. The Health-promoting Potential of Edible Mushroom Proteins. Current pharmaceutical design. 2023. Vol. 29 (11). P. 804–823. DOI:10.2174/1381612829666221223103756.

24. De Cianni R., Pippinato L., Mancuso T. A systematic review on drivers in consumption of edible mushroom and mushroom-containing products. Appetite. 2023. No 182. DOI:10.1016/j.appet.2023.106454.

25. Phan C.W., Sabaratnam V. Potential uses of spent mushroom substrate and mycelium lignocellulosic enzymes. Applied microbiology and biotechnology. 2012. Vol. 96 (4). P. 863–873. DOI:10.1007/s00253-012-4446-9.

26. Comparative assessment on lignocellulosic egradin genzymes and bioethanol production from pentomus hroom substrate of Calocy beindica and Volvariella volvacea / R. Devi et al. Environmental science and pollution research international. 2024. Vol. 31 (27). P. 38878–38892. DOI:10.1007/s11356-023-26988-1.

27. Sustainable use of the spent mushroom substrate of Pleurotus florida for production of lignocellulosic enzymes / A.S. Rajavat et al. Journal of basic microbiology. 2020. Vol. 60 (2). P. 173–184. DOI:10.1002/jobm.201900382.

28. Production of spent mushroom substrate hydrolysates use for cultivation of *Lactococcus lactis* by dilute sulfuric acid, cellulase and xylanase treatment / J.J. Qiao et al. Bioresource technology. 2011. Vol. 102 (17). P. 8046–8051. DOI:10.1016/j.biortech.2011.05.058.

29. Lactic acid production from co-fermentation of food waste and pentomus hroom substance with *Aspergillus niger* cellulase / X. Ma et al. Bioresource technology. 2021. No 337. DOI:10.1016/j.biortech.2021.125365.

30. Sathesh-Prabu C., Lee Y.K. Genetic Variability and Proteome Profiling of a Radiation Induced Cellulase Mutant Mushroom *Pleurotus florida*. Polish journal of microbiology. 2016. Vol. 65 (3). P. 271–277. DOI:10.5604/17331331.1215606.

31. Optimization of cellulase-assisted extraction process and activities of polysaccharides from *Tricholoma mongolicum* Imai / Y.M. Zhao et al. Journal of the science of food and agriculture. 2016. Vol. 96 (13). P. 4484–4491. DOI:10.1002/jsfa.7662.

32. Simultaneous Determination of 13 Organic Acids in Liquid Culture Media of Edible Fungi Using High-Performance Liquid Chromatography / C. Yu et al. BioMed Research international. 2020. DOI:10.1155/2020/2817979.

33. Jabłońska-Ryś E., Sławińska A., Skrzypczak K., Goral K. Dynamics of Changes in the Contents of Free Sugars, Organic Acids and LAB in Button Mushrooms during Controlled Lactic Fermentation. Foods (Basel, Switzerland). 2022. Vol. 11 (11). 1553 p. DOI:10.3390/foods11111553.

34. Recent progress on bio-succinic acid production from lignocellulosic biomass / J. Lu et al. World journal of microbiology biotechnology. 2021. Vol. 37 (1). 16 p. DOI:10.1007/s11274-020-02979-z.

35. Assemie A., Abaya G. The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry. International journal of microbiology. 2022. DOI:10.1155/2022/8744788.

36. Demchuk M.V., Andrusyshyn Y.V., Gavrylets E.S. Animal Hygiene: Workshop / Edited by M.V. Demchuk. Kyiv: Publishing House “Silgosovita”, 2004. 328 p.

37. Vdovenko S.A. Growing edible mushrooms: Textbook. Vinnytsia, 2010. P. 10–50.

REFERENCES

1. DSTU 7525:2014. Voda pytna. Vymogy ta metody kontroljuvannya jakosti. [Chynnyj vid 2010-10-23] [DSTU 7525:2014. Drinking water. Requirements

and methods of quality control. [Valid from 2010-10-23]]. Kyiv: Ministry of Economy and Development of Ukraine, 2014, 25 p. (In Ukrainian).

2. Voloshka, O.G. (2020). Perspektyvni shljahy vykorystannja pecheryc' u harchovyh tehnologijah: materialy I Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii' «Suchasna nauka: stan, problemy, perspektyvy» (m. Starobil's'k, 14–15 kvitnja 2020 r.) [Promising ways of using champignons in food technologies: materials of the 1st All-Ukrainian scientific and practical conference “Modern science: state, problems, prospects” (Starobilsk, April 14–15, 2020)]. Luhansk Taras Shevchenko National University, pp. 196–198. (In Ukrainian).

3. DSTU ISO 7561-2001, (ISO 7561:1984, IDT). Gryby kul'tyvovani. Nastanovy shhodo zberigannja ta transportuvannja v umovah oholodzhennja. [Chynnyj vid 2003-07-01] [DSTU ISO 7561-2001, (ISO 7561:1984, IDT). Cultivated mushrooms. Guidelines for storage and transportation under refrigerated conditions. [Valid from 2003-07-01]]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2002, 12 p. (In Ukrainian).

4. Gunko, S.M., Trynchuk, O.O. (2014). Vplyv umov zberigannja na biohimichni pokaznyky grybiv pecherycja dvosporova ta glyva zvyhajna [The influence of storage conditions on biochemical parameters of mushrooms: champignon and oyster mushroom]. Ovochivnyctvo i bashtannyctvo [Vegetable and melon growing], Issue 60, pp. 81–88. Available at: <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/download/360/484>. (In Ukrainian).

5. Ivanova, T.V., Patyka, M.V., Tulivetrova, K.R. (2020). Osoblyvosti vyjavlennja patogennyh bakterij ta kontrol' i'h poshyrennja u biotehnologichnomu procesi kul'tyvuvannja pecheryc' [Features of the detection of pathogenic bacteria and control of their spread in the biotechnological process of cultivating mushroom]. Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnyctva [Bulletin of the Uman National University of Horticulture], no. 1, pp. 129–132. DOI:10.31395/2310-0478-2020-1-129-132. (In Ukrainian).

6. Mikrobiologichni kryterii' dlja vstanovlennja pokaznykiv bezpechnosti harchovyh produktiv: nakaz MOZ Ukrai'ny vid 19.07. 2012 r. № 548; zarejestrovano v Ministerstvi justycii' Ukrai'ny 3 serpnja 2012 r. za № 1321/21633 [Microbiological criteria for establishing food safety indicators: Order of the Ministry of Health of Ukraine dated July 19, 2012 No. 548; registered with the Ministry of Justice of Ukraine on August 3, 2012 under No. 1321/21633]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12#Text>. (In Ukrainian).

7. SOU 01.12-37-917:2010. Pecherycja dvosporova svizha. Tehnichni umovy. [Chynnyj vid 2011-04-01] [SOU 01.12-37-917:2010. [Fresh two-spore champignon. Technical conditions. [Valid from 2011-04-01]]. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2010, 12 p. (Standard of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine). (In Ukrainian).

8. Projekt "Zmicennnja spromozhnosti galuzevyh asociacij do analizu polityky dereguljacii' i rozvytku samoreguljuvannja u sferi bezpechnosti i jakosti agrar-

noi' produkcii'" [Project "Strengthening the capacity of industry associations to analyze deregulation policies and develop self-regulation in the field of safety and quality of agricultural products"]. Agrarnyj sojuz Ukrai'ny [Agrarian Union of Ukraine]. Analitichnyj centr [Analytical Center]. Available at: http://www.aau.org.ua/media/publications/491/files/AC_AUU_Report-1-5-3_20_18_01_31_11_41_15_871678.pdf. (In Ukrainian).

9. DSTU 8446:2015. Produkty harchovi. Metody vyznachennja kil'kosti mezofil'nyh aerobnyh ta fakul'tatyvno-anaerobnyh mikroorganizmiv. [Chynnyj vid 2017-07-01] [DSTU 8446:2015. Food products. Methods for determining the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. [Valid from 2017-07-01]]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTs", 2016, 18 p. (In Ukrainian).

10. DSTU ENISO 6579-1:2022. Mikrobiologija harchovogo lancjuga. Goryzontal'nyj metod vyjavlennja, pidrahunku ta serotypuvannja *Salmonella*. Chastyna 1. Vyjavlennja *Salmonella spp* (ENISO 6579-1:2017, IDT; ISO 6579-1:2017, IDT). [Chynnyj vid 2023-12-31] [DSTU ENISO 6579-1:2022. Microbiology of the food chain. Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*. Part 1. Detection of *Salmonella spp* (ENISO 6579-1:2017, IDT; ISO 6579-1:2017, IDT). [Valid from 2023-12-31]]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTs", 2024, 21 p. (In Ukrainian).

11. DSTU ISO 16649-2:2014. Mikrobiologija harchovyh produktiv i kormiv dlja tvaryn. Goryzontal'nyj metod pidrahuvannja b-gljukuronidaza-pozytyvnyh *Escherichia coli*. Chastyna 2. Tehnika pidrahuvannja kolonij za temperatury 44 °S z vykorystannjam 5-bromo-4-hloro-3-indolil-b-D-gljukuronidu (ISO 16649-2:2001, IDT). [Chynnyj vid 2015-07-01] [DSTU ISO 16649-2:2014. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for enumeration of b-glucuronidase-positive *Escherichia coli*. Part 2. Colony counting technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-b-D-glucuronide (ISO 16649-2:2001, IDT). [Valid from 2015-07-01]]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTs", 2015, 14 p. (In Ukrainian).

12. DSTU ENISO 6888-3:2019. Mikrobiologija harchovyh produktiv i kormiv dlja tvaryn. Goryzontal'nyj metod pidrahunku koagulazopozytyvnyh stafilocokiv (*Staphylococc us aureus* ta inshyh vydiv). Chastyna 3. Vyjavljannja ta MPN-tehnika dlja malyh chysel (EN ISO 6888-3:2003, IDT; ISO 6888-3:2003, IDT). [Chynnyj vid 2019-09-01] [DSTU ENISO 6888-3:2019. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococc us aureus* and other species). Part 3. Detection and MPN technique for small numbers (EN ISO 6888-3:2003, IDT; ISO 6888-3:2003, IDT). [Valid from 2019-09-01]]. Kyiv: DP "UkrNDNTs", 2019, 17 p. (In Ukrainian).

13. DSTU 7444:2013. Produkty harchovi. Metody vyjavlennja bakterij rodiv *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*. [Chynnyj vid 2014-07-01] [DSTU 7444:2013. Food products. Methods for detecting bacteria of the genera *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*. [Valid from

- 2014-07-01]]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC", 2014, 22 p. (In Ukrainian).
14. DSTU ISO 21528-2:2014. Mikrobiologija harchovyh produktiv i kormiv dlja tvaryn. Goryzontal'nyj metod vyjavlennja ta pidrahuvannja enterobakterij (*Enterobacteria ceae*). Chastyna 2. Metod pidrahuvannja kolonij (ISO 21528-2:2004, IDT). [Chynnyj vid 2015-07-01] [DSTU ISO 21528-2:2014. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of enterobacteria (*Enterobacteria ceae*). Part 2. Colony count method (ISO 21528-2:2004, IDT). [Valid from 2015-07-01]]. Kyiv: DP "UkrNDNTs", 2015, 14 p. (In Ukrainian).
15. DSTU 8447:2015. Produkty harchovi. Metod vyznachennja drizhdzhiv i plisenevyh grybiv. [Chynnyj vid 2017-07-01] [DSTU 8447:2015. (2017). Food products. Method for the determination of yeast and mold fungi. [Valid from 2017-07-01]]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC", 2017, 9 p. (In Ukrainian).
16. Prylipka, O.V. (2017). Stan i perspektyvy rozvytku galuzi grybivnyctva v Ukraïni [Status and prospects for the development of the mushroom growing industry in Ukraine]. «Visnyk ZhDTU»: Ekonomika, upravlinnja ta administruvannja [«Bulletin of ZhDTU»: Economics, Management and Administration], Issue 1 (43), pp. 221–226. DOI:10.26642/jen-2008-1(43)-221-226. (In Ukrainian).
17. Simakhina, G. (2024). Susheni kul'tyvovani gryby jak cinne dzherelo bilkiv ta aminokyslot [Dried cultivated mushrooms as a valuable source of proteins and amino acids]. Mizhnarodnyj naukovyj zhurnal inzhenerii ta sil'skogo gospodarstva [International Scientific Journal of Engineering and Agriculture], Issue 3 (5), pp. 110–119. DOI:10.46299/j.isjea.20240305.11. (In Ukrainian).
18. Stepanova, T., Kondratyuk, N. (2019). Perspektyvy vykorystannja kul'tyvovanyh grybiv u tehnologii kovbasnyh vyrobiv [Prospects for the use of cultivated mushrooms in the technology of sausage products]. Visnyk Nacional'nogo tehničnogo universytetu «HPI» [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Novi rishennja u suchasnyh tehnologijah [New solutions in modern technologies], no. 2, pp. 75–80. DOI:10.20998/2413-4295.2019.02.11. (In Ukrainian).
19. Nakonechna, Yu.G., Khomych, G.P., Oliynyk, N.V., Oliynyk, L.B. (2021). Vykorystannja vakuumu v tehnologijah pererobky grybiv pecheryc' [Use of vacuum in technologies of processing of champignon mushrooms]. Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnyctva [Bulletin of the Uman National University of Horticulture], no. 1, pp. 77–83. DOI:10.31395/2310-0478-2021-1-77-83. (In Ukrainian).
20. Kovalev, M.M. (2024). Vrozhajnist' grybiv pecheryci dvosporovoi' zalezno vid vydu biopreparativ pry vyroshhuvanni na EM komposti [Yield of champignon mushrooms depending on the type of biological products when grown on EM compost]. Agrarni innovacii' [Agrarian innovations], no. 23, pp. 83–91. DOI:10.32848/agrar.innov.2024.23.12. (In Ukrainian).
21. Gunko, S., Trynchuk, S., Podpriatov, H., Naumenko, O., Yashchuk, N., Voitsekhivskyi, V. (2021). Changes in the quality parameters of mushrooms depending on the duration and conditions of storage. Food science and technology, Vol. 15 (1), pp. 125–135. DOI:10.15673/fst.v15i1.1961. (In Ukrainian).
22. Kulshreshtha, S. (2024). Mushrooms Prebiotics: a Sustainable Approach for Healthcare. Probiotics and antimicrobial proteins, Vol. 16 (3), pp. 699–712. DOI:10.1007/s12602-023-10164-5. (In Ukrainian).
23. Sousa, A.S., Araújo-Rodrigues, H., Pintado, M.E. (2023). The Health-promoting Potential of Edible Mushroom Proteins. Current pharmaceutical design, Vol. 29 (11), pp. 804–823. DOI:10.2174/1381612829666221223103756.
24. De Cianni, R., Pippinato, L., Mancuso, T. (2023). A systematic review on drivers in the consumption of edible mushroom products. Appetite, no. 182. DOI:10.1016/j.appet.2023.106454.
25. Phan, C.W., Sabaratnam, V. (2012). Potential uses of spent mushroom substrate and mycelium-derived lignocellulosic enzymes. Applied microbiology and biotechnology, Vol. 96 (4), pp. 863–873. DOI:10.1007/s00253-012-4446-9.
26. Devi, R., Thakur, R., Kapoor, S., Joshi, S.J., Kumar, A. (2024). Comparative assessment on lignocellulose-degrading enzymes and bioethanol production from spent mushroom substrate of *Calocybe indica* and *Volvariella volvacea*. Environmental science and pollution research international, Vol. 31 (27), pp. 38878–38892. DOI:10.1007/s11356-023-26988-1.
27. Rajavat, A.S., Rai, S., Pandiyan, K., Kushwaha, P., Choudhary, P., Kumar, M., Chakdar, H., Singh, A., Karthikeyan, N., Bagul, S.Y., Agnihotri, A., Saxena, A.K. (2020). Sustainable use of the spent mushroom substrate of *Pleurotus florida* for production of lignocellulolytic enzymes. Journal of basic microbiology, Vol. 60 (2), pp. 173–184. DOI:10.1002/jobm.201900382.
28. Qiao, J.J., Zhang, Y.F., Sun, L.F., Liu, W.W., Zhu, H.J., Zhang, Z. (2011). Production of spent mushroom substrate hydrolysates used for cultivation of *Lactococcus lactis* by dilute sulfuric acid, cellulase and xylanase treatment. Bioresource technology, Vol. 102 (17), pp. 8046–8051. DOI:10.1016/j.biortech.2011.05.058.
29. Ma, X., Gao, M., Wang, N., Liu, S., Wang, Q., Sun, X. (2021). Lactic acid production from co-fermentation of food waste and spent mushroom substrate with *Aspergillus niger* cellulase. Bioresource technology, no. 337. DOI:10.1016/j.biortech.2021.125365.
30. Sathesh-Prabu, C., Lee, Y.K. (2016). Genetic Variability and Proteome Profiling of a Radiation-Induced Cellulase Mutant Mushroom *Pleurotus florida*. Polish journal of microbiology, Vol. 65 (3), pp. 271–277. DOI:10.5604/17331331.1215606.
31. Zhao, Y.M., Song, J.H., Wang, J., Yang, J.M., Wang, Z.B., Liu, Y.H. (2016). Optimization of cellulase-assisted extraction process and activities of polysaccharides from *Tricholoma mongolicum* Imai. Journal of the science of food and agriculture, Vol. 96 (13), pp. 4484–4491. DOI:10.1002/jsfa.7662.
32. Yu, C., Wang, Y., Cao, H., Zhao, Y., Li, Z.,

Wang, H., Chen, M., Tang, Q. (2020). Simultaneous Determination of 13 Organic Acids in Liquid Culture Media of Edible Fungi Using High-Performance Liquid Chromatography. *BioMed Research International*. DOI:10.1155/2020/2817979.

33. Jabłońska-Ryś, E., Sławińska, A., Skrzypczak, K., Goral, K. (2022). Dynamics of Changes in the Contents of Free Sugars, Organic Acids, and LAB in Button Mushrooms during Controlled Lactic Fermentation. *Foods (Basel, Switzerland)*, Vol. 11 (11), 1553 p. DOI:10.3390/foods11111553.

34. Lu, J., Li, J., Gao, H., Zhou, D., Xu, H., Cong, Y., Zhang, W., Xin, F., Jiang, M. (2021). Recent progress on bio-succinic acid production from lignocellulosic biomass. *World journal of microbiology biotechnology*, Vol. 37 (1), 16 p. DOI:10.1007/s11274-020-02979-z.

35. Assemie, A., Abaya, G. (2022). The Effect of Edible Mushrooms on Health and Their Biochemistry. *International journal of microbiology*. DOI:10.1155/2022/8744788.

36. Demchuk, M.V., Andrusyshyn, Y.V., Gavrylets, E.S. (2004). *Animal Hygiene: Workshop*. Kyiv: Publishing House "Silgosovita", 328 p.

37. Vdovenko, S.A. (2010). *Growing edible mushrooms: Textbook*. Vinnytsia, pp. 10–50.

Sanitary and hygienic assessment of the two-spore mushroom (*Agaricus bisporus*) following treatment with cellulase and succinic acid solutions

Lyasota V., Bogatko N., Bukalova N., Bogatko A., Mazur T., Khitska O., Zhmil V., Prysyazhnyuk T., Tkachuk S., Prylipko T., Bartkiv L., Bolokhovska V.

The technological process of growing champignons includes four independent, interrelated technologies: preparation of substrate (compost), preparation of covering material, cultivation of planting material - mycelium (mycelium), cultivation of culture. The aim of the study was to substantiate the effectiveness of using a solution of cellulase and succinic acid in the technology of edible mushroom champignon two-spore (*Agaricus bisporus*). Materials and methods of research. The work was carried out on the basis of the departments of veterinary examination, hygiene of livestock products and pathoanatomy named after Y.S. Zagaevsky and Food Technologies

and Processing of Livestock Products of Bila Tserkva National Agricultural University during 2024–2025.

The following research methods were used: analytical, technological, chemical, hygienic and statistical. As a result of the research, it was found that the use of cellulase enzymes and succinic acid in the composition of irrigation water contributes to an increase in the hydrolysis of cellulose contained in the substrate and an increase in the transformation of nutrients from the substrate into the biomass of the edible mushroom *Agaricus bisporus* (*Agaricus bisporus*). A decrease in the content of mannan sugars in the biomass of the edible mushroom by 15.1–17.4 % was found, which prevents the absorption of nutrients from mushrooms in the human gastrointestinal tract due to the action of succinic acid. When using solutions of cellulases and succinic acid, the chemical indicators of the two-spore champignon are improved due to an increase in the content of: proteins by 12.5 %, carbohydrates – 9.0 % and fats – 9.0 % ($p \leq 0.05$). Irrigation of the champignon substrate with water containing 0.01 % cellulose and 0.01 % succinic acid increases the yield of mushrooms by 14.1 %.

The greatest economic efficiency of the two-spore champignon technology under the action of cellulases and succinic acid was obtained when using filtered water containing 0.01 % cellulases and 0.01 % succinic acid. The cultivation efficiency was 275.5 hryvnias per 9.84 kg per 1 m², which is 34.2 hryvnias, or 14.2 % more than in the control variant.

A method of using cellulase and succinic acid solutions using the technology of the two-spore mushroom (*Agaricus bisporus*) was developed and its efficiency was calculated. Irrigation was carried out daily after the substrate was added to the boxes, as well as after the application of the covering material. In order to use the cellulase and succinic acid solution using the technology of the edible mushroom (*Agaricus bisporus*), it is recommended to develop methodological recommendations "Use of cellulase and succinic acid solution using the technology of the edible mushroom (*Agaricus bisporus*)".

Keywords: edible mushroom (*Agaricus bisporus*), organoleptic, physical, chemical, hygienic, technological, microbiological indicators, safety, quality, cellulase and succinic acid solutions.



Copyright: Лясота В.П. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

