

УДК 504.5:635.82

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2023-3.01>

### **Олексій АЛЕКСЕЄВ**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет

[alekseev\\_oleksiy@ukr.net](mailto:alekseev_oleksiy@ukr.net)

**ORCID:** 0000-0001-5807-4932

### **Оксана ВРАДІЙ**

кандидат сільськогосподарських наук, асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет

[oksanavradii@gmail.com](mailto:oksanavradii@gmail.com)

**ORCID:** 0000-0001-7383-3829

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ШТУЧНО ВИРОЩЕНИХ ПЕЧЕРИЦЯХ (*AGARICUS*)**

**Анотація.** Гриби є частиною продуктів харчування людей, а також цінним ресурсом харчової, фармацевтичної та інших галузей народного та сільського господарства. Гриби та їх заготівля мають величезне значення для підприємств харчової галузі саме у забезпеченні людей продуктами харчування високої цінності. Унікальність грибів проявляється в отриманні додаткового джерела вітамінів та мінералів, що несуть користь організму людини. Завдяки високому вмісту клітковини, антиоксидантів та вітаміну D3 гриби користуються популярністю у вегетаріанців, людей, що ведуть здоровий спосіб життя, та просто у поціновувачів смачних грибних страв. Мета роботи – визначити вміст важких металів у штучно вирощених печерицях (*Agaricus*) та розробити технологічні операції щодо зниження їх вмісту в продукті.

**Методологія дослідження.** Лабораторні аналізи проводили у сертифікованій і акредитованій лабораторії «Науково-вимірвальна агрохімічна лабораторія Вінницького національного аграрного університету». Спостереження, облік та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками: – визначення вмісту рухомих форм важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) – після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії відповідно до ДСТУ 4770. Проведені нами дослідження виконано на базі кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету. Як досліджений матеріал нами було вибрано від культивованих грибів печериці (*Agaricus*) різних виробників, придбаних у двох мережах магазинів, а саме: «АТБ-Маркет», виробник – Україна, ТМ «Зелена країна» та «Сільпо», виробник – Україна, ТМ «Перша хвиля» і третій зразок – гриби, придбані на ринку роздрібною торгівлі, виробник – Україна.

Поставлені завдання у роботі, були виконані згідно з програмою досліджень, яка включає:

- визначення рівня забруднення культивованих грибів важкими металами;
- оптимізація технологічних операцій зі зниження концентрації важких металів у культивованих грибах;
- проведення еколого-економічної ефективності одержаних результатів досліджень.

За вивчення впливу води без мінерального залишку на зміну концентрацій у культивованих грибах важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) до обробки були включені такі технологічні операції:

- подрібнення грибів;
- вимочування подрібнених грибів протягом однієї доби у водопровідній воді;
- вимочування подрібнених грибів протягом однієї доби у воді, одержаній шляхом переварювання та відстоювання;
- вимочування подрібнених грибів протягом однієї доби у дистильованій воді.

Технологія обробки грибів у всіх варіантах була однаковою, різниця була лише у воді. Зокрема, перший варіант включав використання водопровідної звичайної води – контроль, другий варіант включав використання такої самої водопровідної води, але з відділенням від неї мінеральної частини шляхом переварювання і відстоювання. Третій варіант включав водопровідну воду, пропущену через дистильатор. Воду як розчинник для даного дослідження використовували з однієї партії для всіх варіантів.

**Наукова новизна.** Проведені дослідження дали змогу визначити рівні накопичення важких металів (Pb, Cd, Zn та Cu) у культивованих грибах та зміни цих токсикантів за вдосконалення технологічних операцій переробки цієї продукції в межах міста Вінниці.

**Висновки.** Установлено, що з досліджених трьох варіантів найефективнішим способом зниження вмісту важких металів у культивованих грибах є спосіб вимочування їх протягом однієї доби у дистильованій воді, а саме Pb – від 1,1 до 1,4 рази, Cd – від 2,0 до 5,0 рази, Zn – від 1,2 до 1,9 рази, Cu – від 1,3 до 4,0 рази.

**Ключові слова:** культивовані гриби, важкі метали, плюмбум, кадмій, цинк, мідь, перевищення, гранично допустима концентрація.

**Oleksiy ALIEKSIEIEV**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University*

*alekseev\_oleksiy@ukr.net*

**ORCID:** 0000-0001-5807-4932

**Oksana VRADII**

*Candidate of Agricultural Sciences, Assistant of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University*

*oksanavradii@gmail.com*

**ORCID:** 0000-0001-7383-3829

## **TECHNOLOGICAL OPERATIONS TO REDUCE THE CONTENT OF HEAVY METALS IN ARTIFICIALLY GROWN MUSHROOMS (*AGARICUS*)**

**Abstract.** *Mushrooms are a part of people's food products, as well as a valuable resource of food, pharmaceutical and other branches of national and agricultural economy. Mushrooms and their harvesting are of great importance for food industry enterprises, precisely in providing people with high-value food products. The uniqueness of mushrooms is manifested in obtaining an additional source of vitamins and minerals that benefit the human body. Due to the high content of fiber, antioxidants and vitamin D<sub>3</sub>, mushrooms are popular among vegetarians, people who lead a healthy lifestyle and simply connoisseurs of delicious mushroom dishes.*

**The purpose of the work** is to determine the content of heavy metals in artificially grown mushrooms (*Agaricus*) and to develop technological operations to reduce their content in the product.

**Research methodology.** *Laboratory analyzes were carried out in a certified and accredited laboratory – the Scientific and Measuring Agrochemical Laboratory of the Vinnytsia National Agrarian University. Observations, records and measurements were carried out according to generally accepted methods:*

– *determination of the content of mobile forms of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu);*

– *after extraction with an acetate-ammonium buffer solution pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry in accordance with SSU 4770. Our research was carried out on the basis of the Department of Ecology and Environmental Protection of the Vinnytsia National Agrarian University. As the researched material, we chose a species of cultivated champignon mushrooms (*Agaricus*) from different manufacturers, sold in two store chains, namely: "ATB-Market", manufacturer Ukraine: TM "Zelena Kraina" and "Silpo", manufacturer – Ukraine: TM "Persha Khvyliia" and the third sample – mushrooms are sold at retail, the manufacturer is Ukraine. The assigned tasks in the work, performed in accordance with the research program, which includes:*

– *determination of the level of contamination of cultivated mushrooms with heavy metals;*

– *optimization of technological operations with a decrease in the concentration of heavy metals in cultivated mushrooms;*

*implementation of ecological and economic efficiency of the obtained results.*

*To study the effect of water without mineral residue on the change in concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu) in cultivated mushrooms, the following technological operations were included in the processing:*

– *chopping mushrooms;*

– *soaking chopped mushrooms in tap water for one day;*

– *soaking chopped mushrooms for one day in water obtained by boiling and settling;*

– *soaking chopped mushrooms in distilled water for one day.*

*The technology of mushroom processing in all variants was the same, the difference was only in the water. In particular, the first option included the use of ordinary tap water – the control, the second option – included the use of the same tap water, but with the separation of the mineral part from it, by boiling and settling. A third option involved tap water passed through a still. Water as a solvent for this study was used from one batch for all options.*

**Scientific novelty.** *The conducted research made it possible to determine the levels of accumulation of heavy metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in cultivated mushrooms and the changes in these toxicants due to the improvement of technological operations of the processing of these products in the conditions of the city of Vinnytsia.*

**Conclusions.** *It was established that of the three investigated options, the most effective way to reduce the content of heavy metals in cultivated mushrooms is the method of soaking them for one day in distilled water, namely Pb – from 1.1 to 1.4 times, Cd – from 2.0 to 5, 0 times, Zn – from 1.2 to 1.9 times, Cu<sub>3</sub> – from 1.3 to 4.0 times.*

**Key words:** *cultivated mushrooms, heavy metals, lead, cadmium, zinc, copper, excess, maximum permissible concentration.*

**Постановка проблеми.** Гриби є унікальним рослинним джерелом вітамінів та мінералів, що несуть користь організму людини. Завдяки високому вмісту клітковини, антиоксидантів та вітаміну D<sub>3</sub> гриби користуються популярністю у вегетаріанців, людей, що ведуть здоровий спосіб життя, та просто у поціновувачів смачних грибних страв, адже у цих рослин великий спектр видів, що мають широку смакову гамму.

Ціна коливається приблизно від 45 грн/кг за звичайні печериці до 300–400 грн/кг за українські білі гриби. Окрім них, існує багато делікатесних видів, які коштують тисячі гривень за кілограм. Грибна справа потребує невеликих зусиль та невеликих першочергових витрат на вирощування, що робить її популярною в Україні як основний бізнес та додатковий заріток. Якщо вкласти від п'яти до десяти тисяч гривень, то бізнес окупиться менше ніж за два роки [7].

У багатьох країнах світу (Японії, Китаї, Південній Кореї, КНДР, США та ін.) культивовані гриби використовують не лише як харчову продукцію, а й як цінну сировину для виробництва лікувально-профілактичних і лікарських речовин із широким спектром дії [9].

Вирощування грибів – екологічно чисте й безвідходне виробництво, яким займається понад 80 країн світу [5]. Культивуванням грибів у штучних умовах почали займатися із 70-х років ХХ ст. У 80-х роках минулого століття у світі штучно вирощували 1,5 млн т їстівних грибів. Сьогодні загальний світовий обсяг їх виробництва та споживання становить майже 10 млн т на рік. Передумовами такої тенденції є зростання споживчого попиту на грибку сировину, поява високопродуктивних штамів грибів, розроблення нових прогресивних технологій вирощування, екологічна чистота та безпечність грибної сировини [6].

У Франції, Великій Британії, Нідерландах, Німеччині, США створена ціла грибна індустрія, яка займається не лише вирощуванням, а й переробкою грибів [3]. При цьому найбільший обсяг виробництва (майже 70%) припадає на печерицю двоспорову (*Agaricus*) та дереворуйнівні гриби шиїтаке (*Lentinula edodes*) і гливу звичайну (*Pleurotus ostreatus*) [4].

Печериця (*Agaricus*) є найменш затратним видом для вирощування, але й дуже вибагливим. Ці гриби чутливі до змін температур

та інфекцій, тому процес їх росту потрібно постійно контролювати. Печериці є найбільш споживаними грибами в Україні, тому під час їх вирощування є шанс вийти на широкий ринок споживачів. У цій справі дуже важливий компост для вирощування міцелію, який можна виготовити із соломи та органічних харчових відходів, а саму грибницю можна придбати за 150–200 грн/кг. Даний вид, а саме (*Agaricus*) – гетеротрофний сапрофітний гриб, належить до класу базидіальних грибів, росте на напівперепрілому гноюві, лісовій підстилці і використовує легкозасвоювані поживні речовини [2].

Реалізація державної політики у сфері здорового харчування населення України орієнтована на забезпечення екологічної безпеки та якості харчових продуктів. Останнім часом у країні спостерігаються негативні тенденції щодо змін обсягу та структури раціону харчування людини. Рівень споживання не відповідає встановленим раціональним нормам [1]. У зв'язку із цим зростає роль продуктів із природної рослинної сировини, зокрема культивованих їстівних базидіальних грибів. Адже вітчизняне виробництво грибів протягом 5–10 років може на 40–50% скоротити споживання м'ясної та рибної продукції [8].

Важкі метали, які знаходяться в людському організмі, можуть викликати фізіологічні порушення, токсикоз, алергію, канцерогенні захворювання та негативно впливати на генетичні функції організму.

За підвищеного вмісту шкідливих речовин в організмі тварин та рослинах може відбуватися їх надходження до харчових продуктів. Кадмій, наприклад, накопичується в зерні рису внаслідок застосування для зрошення промислових стічних вод електролітичних виробництв. Так само зерно пшениці подібно до рису накопичує цинк і плумбум, ось тому в разі недотримання вимог, як наслідок, борошно забруднюється цими металами [9].

Солі важких металів також можуть потрапляти до упаковок, у яких уже зберігаються готові продукти харчування. Для зберігання м'ясних, рибних та молочних продуктів широко використовують консервовані банки, які виготовляються із залізної жерсті й луджені оловом, тому бути впевненим, що буде відсутнє забруднення у цьому разі, коли харчові про-

дукти вміщують у собі малі кількості органічних кислот, нітратів, окисників та відновників і температура їх зберігання достатньо низька, не можна [10].

**Аналіз джерел та останніх досліджень.** В Україні офіційно дозволено вирощувати два види грибів: шампінйони та гливу, при цьому 80% займають шампінйони. Однак лише 20% вирощеної продукції надходить на переробку. Причиною, яка стримує їх широке використання, є незначний термін зберігання [12].

До 90-х років ХХ ст. виробництво грибів у нашій країні було прерогативою лише дрібних приватних підприємств, котрі вирощували майже 500 т грибів на рік, що не задовольняло попит населення. Протягом останніх років спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва штучно культивованих грибів. Так, у 2020 р. порівняно з 2010 р. річне виробництво зросло на 40,5 тис т [9]. За обсягами лідируючі позиції займають Київська, Донецька, Дніпропетровська, Одеська, Харківська та Львівська області.

За даними асоціації «Союз грибовиробників України», на вітчизняному ринку функціонує майже 200–230 підприємств, задіяних у грибному бізнесі, 30% з яких припадає на дрібні та приватні. До найбільших належать Київський агрокомбінат «Пуща Водиця» – майже 20% загального обсягу штучно вирощених грибів; ЗАТ «Укршампінйон» (м. Канів Черкаської обл.) – орієнтований на вирощування грибів та їх консервацію; ЗАТ «Трикар-АПС» і ПП «Гуржій» (м. Харків); ВАТ «Гелена-М» (с. Іллічівка Одеської обл.); ВАТ «Квіти-Сервіс»; ВАТ «Грибник» (м. Київ); ВАТ «Валентина» (м. Васильків Київської обл.); Агрофірма «Овочівник» (м. Мелітополь Запорізької обл.); ЗАТ «Комгрі» (м. Бровари Київської обл.) [11].

Попит на культивовані гриби в Україні щорічно зростає: у 2010 р. він становив лише 0,2 кг на людину на рік, а в 2020 р. – уже 1,5 кг. Це зумовлено не лише їхніми високими споживними властивостями, а й більшою безпечністю порівняно з лісовими грибами. Проте попит ще недостатній порівняно з нормами раціонального споживання – 4–5 кг/рік. Це дає підстави очікувати подальшого нарощування внутрішнього виробництва їстівних грибів, тому що пропозиція задовольняє потреби ринку менш ніж на 50% [13].

Дослідження різних учених доводять токсичність дії важких металів на живі організми. Різні їх дози по-різному впливають на організм та при цьому мають негативний характер. Усі елементи навколишнього середовища, у тому числі й недеревна рослинна продукція лісу, може накопичувати в собі важкі метали, які у разі довготривалого та регулярного споживання людиною чинять негативний вплив на організм, спричиняючи різноманітні хвороби, що мають різного роду наслідки, а інколи навіть і летальні. Тому питання споживання екологічно безпечної лісової продукції є досить актуальним [14–16].

**Мета роботи** – визначити вміст важких металів у штучно вирощених печерицях (*Agaricus*) та розробити технологічні операції щодо зниження їх умісту в продукті.

**Виклад основного матеріалу.** Результати досліджень показали певний вплив води без мінерального залишку на концентрацію у культивованих грибах печерицях (*Agaricus*) важких металів (табл. 1–4). Так, у дослідному варіанті 1 (табл. 1) концентрація Pb у грибах знизилася від 1,1 до 1,4 рази, у дослідному варіанті 2 – від 1,2 до 2,4 рази, у дослідному варіанті 3 – від 2,0 до 3,3 рази.

Під час застосування вимочування культивованих грибів протягом доби у водопровідній воді за температури зовнішнього середовища 22–24°C (варіант 1) концентрація Pb у них становила у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,1 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,2 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 2,0 рази. У дослідному варіанті 2 концентрація Pb знижувалася так: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,2 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,5 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 2,5 рази. Під час застосування вимочування грибів у дистильованій воді концентрація Pb знижувалася у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» у 1,4 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 2,4 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 3,3 рази.

Концентрація Cd у культивованих грибах під час застосування варіанту 1 знижувалася від 1,6 до 5,0 рази, під час застосування дослідного варіанту 2 – від 1,3 до 4,0 рази, у дослідному варіанті 3 – від 2,0 до 5,0 рази (табл. 2).

Під час застосування вимочування культивованих грибів протягом доби у водопровід-

Таблиця 1

**Концентрація Pb у грибах за їх вимочування, мг/кг**

Виробник зразку	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
№1 ТМ «Зелена країна»	0,18± 0,02	0,16± 0,02***	0,14± 0,01***	0,13± 0,03***
№2 ТМ «Перша хвиля»	0,12± 0,01	0,10± 0,06***	0,08± 0,02***	0,05± 0,01***
№3 Роздрібна торгівля	0,02± 0,01	0,01± 0,07***	0,008± 0,01***	0,006± 0,06***

Примітка: \*, \*\*, \*\*\* – вірогідність різниці між контролем та дослідом (\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$ )

Таблиця 2

**Концентрація Cd у грибах за їх вимочування, мг/кг**

Виробник зразку	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
№1 ТМ «Зелена країна»	0,05± 0,02	0,03± 0,05***	0,02± 0,02***	0,01± 0,04***
№2 ТМ «Перша хвиля»	0,04± 0,01	0,03± 0,06***	0,02± 0,02***	0,01± 0,02***
№3 Роздрібна торгівля	0,02± 0,02	0,01± 0,04***	0,006± 0,01***	0,004± 0,06***

Примітка: \*, \*\*, \*\*\* – вірогідність різниці між контролем та дослідом (\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$ )

Таблиця 3

**Концентрація Zn у грибах за їх вимочування, мг/кг**

Виробник зразку	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
№1 ТМ «Зелена країна»	1,17± 0,001	1,13± 0,02***	1,11± 0,01***	1,06± 0,02***
№2 ТМ «Перша хвиля»	1,41± 0,002	1,35± 0,04***	1,31± 0,03***	1,29± 0,03***
№3 Роздрібна торгівля	0,39± 0,002	0,33± 0,02***	0,27± 0,01***	0,21± 0,04***

Примітка: \*, \*\*, \*\*\* – вірогідність різниці між контролем та дослідом (\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$ )

ній воді за температури зовнішнього середовища 22–24°C (варіант 1) концентрація Cd у них становила: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,6 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,3 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 2,0 рази. У дослідному варіанті 2 із застосуванням води без мінерального залишку концентрація Cd знижувалася так: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 2,5 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 2,0 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 3,3 рази. Під час застосування вимочування грибів у дистильованій воді концентрація Pb знижувалася у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 5,0 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 4,0 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 5,0 рази.

Концентрація Zn у культивованих грибах знижувалася у варіанті 1 – від 1,0 до 1,2 рази, у варіанті 2 – від 1,0 до 1,1 рази, у варіанті 3 – від 1,2 до 1,9 рази (табл. 3).

Під час застосування вимочування культивованих грибів протягом доби у водопровідній воді за температури зовнішнього середовища 22–24°C (варіант 1) концентрація Zn у них становила: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,0 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,0 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 1,2 рази. У дослідному варіанті 2 із застосуванням води без мінерального залишку концентрація Zn знижувалася так: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,0 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,0 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 1,4 рази. Під час застосування вимочування грибів у дистильованій воді концентрація Zn знижувалася у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,2 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,1 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 1,9 рази.

Концентрація Cu у культивованих грибах знижувалася у варіанті 1 – від 1,2 до 3,0 рази,

Таблиця 4

## Концентрація Cu у грибах за їх вимочування, мг/кг

Виробник зразку	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
№1 ТМ «Зелена країна»	0,06± 0,001	0,05± 0,02***	0,03± 0,02***	0,02± 0,03***
№2 ТМ «Перша хвиля»	0,08± 0,002	0,07± 0,03***	0,05± 0,03***	0,03± 0,03***
№3 Роздрібна торгівля	0,04± 0,002	0,03± 0,04***	0,02± 0,04***	0,01± 0,03***

Примітка: \*, \*\*, \*\*\* – вірогідність різниці між контролем та дослідом (\* $-p \leq 0,05$ ;  $-p \leq 0,01$ ; \*\*\* $-p \leq 0,001$ )

у варіанті 2 – від 1,1 до 2,7 рази, у варіанті 3 – від 1,3 до 4,0 рази (табл. 4).

Під час застосування вимочування культивованих грибів протягом доби у водопровідній воді за температури зовнішнього середовища 22–24°C (варіант 1) концентрація Cu у них становила у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 1,2 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,1 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 1,3 рази. У дослідному варіанті 2 із застосуванням води без мінерального залишку концентрація Cu знижувалася так: у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 2,0 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 1,6 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 2,0 рази. Під час застосування вимочування грибів у дистильованій воді концентрація Cu знижувалася у зразку № 1 ТМ «Зелена країна» – у 3,0 рази, у зразку № 2 ТМ «Перша хвиля» – у 2,7 рази, у зразку № 3 Роздрібна торгівля – у 4,0 рази.

**Висновки.** Результати досліджень показали певний вплив води без мінерального залишку

на концентрацію у культивованих грибах печерицях (*Agaricus*) важких металів: у дослідному варіанті 1 концентрація Pb у грибах знизилася від 1,1 до 1,4 рази, у дослідному варіанті 2 – від 1,2 до 2,4 рази, у дослідному варіанті 3 – від 2,0 до 3,3 рази. Концентрація Cd у культивованих грибах під час застосування варіанту 1 знижувалася від 1,6 до 5,0 рази, варіанту 2 – від 1,3 до 4,0 рази, у дослідному варіанті 3 – від 2,0 до 5,0 рази. Концентрація Zn у культивованих грибах знижувалася у варіанті 1 – від 1,0 до 1,2 рази, у варіанті 2 – від 1,0 до 1,1 рази, у варіанті 3 – від 1,2 до 1,9 рази. Концентрація Cu у культивованих грибах знижувалася у варіанті 1 – від 1,2 до 3,0 рази, у варіанті 2 – від 1,1 до 2,7 рази, у варіанті 3 – від 1,3 до 4,0 рази.

Нашими дослідженнями експериментально встановлено, що з використаних нами трьох варіантів найефективнішим способом зниження вмісту важких металів у культивованих грибах є спосіб вимочування їх протягом однієї доби у дистильованій воді.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів : навчальний посібник. Вінниця : Нова книга, 2010. 120 с.
2. Дидів О.Й., Дидів І.В. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Садівництво та виноградарство» спеціальності 203 «Садівництво та виноградарство» РВО «Бакалавр». Львів : ЛНАУ, 2020. 35 с.
3. Лапок Г.І. Довідник овочівника Степу України : навчальний посібник. Одеса : ВМВ, 2010. 472 с.
4. Ковтунюк З.І., Кецкало В.В. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних занять із дисципліни «Грибівництво» здобувачами вищої освіти спеціальності 203 «Садівництво та виноградарство» ОР «Бакалавр». Умань : УНУС, 2020. 47 с.
5. Ткачик С.О. Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність. Вінниця : ФОП Корзун Д.Ю., 2016. 1145 с.
6. Лихацький В.І. Овочівництво: практикум. Вінниця : ФОП Бондарець С.С., 2012. 451 с.
7. Цизь О.М. Культивування їстівних грибів : монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 276 с.
8. Ільчук Р.В., Дидів І.В., Дидів О.Й., Сидорчук С.І. Печериця двоспорова: біологія і технологія вирощування : навчальний посібник. Львів : ЛНАУ, 2018. 156 с.
9. Латюк Г.І., Попова Л.М. Грибівництво: практикум для студентів вищих закладів освіти I–IV рівнів акредитації, які навчаються за освітньо-професійними програмами «бакалавр» і «магістр» спеціальностей «Агрономія» та «Садівництво і виноградарство». Одеса : Астропринт, 2021. 140 с.

10. Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., Vradii O. et. all. Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12(4). P. 459–464.

11. Разанов С.Ф., Алексеев О.О., Врадій О.І., Вергеліс В.І. Моніторинг забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *Vin Smart Eco* : збірник наукових праць І Науково-практичної конференції, м. Вінниця, 16–18 травня 2019 р. Вінниця, 2019. С. 218–220.

12. Алексеев О.О., Врадій О.І. Дослідження впливу терміну вимочування у водно-сольовому розчині грибів на концентрацію в них цинку. *Integration system of education, science and production in the modern information space* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Тернопіль, 24 жовтня 2019 р. Тернопіль : Крок, 2019. С. 17–19.

13. Разанова А., Врадій О. Зміни концентрації важких металів у грибах за їх кулінарної обробки та консервування. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій* : матеріали XXIII Міжнародного науково-практичного форуму, 4–6 жовтня 2022 р. Львів : ЛНУП, 2022. С. 255–258.

14. Врадій О.І., Разанов С.Ф. Спосіб зниження концентрації важких металів у їстівних грибах за кулінарної їх обробки: пат. на корисну модель 142065 України: МПК А23L 31/00 А23L 5/00; власник – Вінницький національний аграрний університет: № u201911420, заявл. 25.11.19; опубл. 12.05.2020, Бюл. 9.

### REFERENCES:

1. Vdovenko S.A. (2010). *Vyroshchuvannia yistivnykh hrybiv* [Cultivation of edible mushrooms]: navch. posib. Vinnytsia: Nova knyha. 2010. 120 s. [in Ukrainian].

2. Dydiv O.I., Dydiv I.V. (2020). *Metodychni rekomendatsii do vykonannia praktychnykh robit dlia studentiv, yaki navchaiutsia za osvitho-profesiinoiu prohramoiu «Sadivnytstvo ta vynohradarstvo» spetsialnosti 203 «Sadivnytstvo ta vynohradarstvo» RVO «Bakalavr»* [Methodical recommendations for practical work for students studying in the educational and professional program «Horticulture and viticulture» specialty 203 «Horticulture and viticulture» RVO «Bachelor»]. Lviv: LNAU. 2020. 35 s.

3. Lapok H.I. (2010). *Dovidnyk ovochivnyka Stepu Ukrainy* [Handbook of vegetable growers of the Steppe of Ukraine]: navch. posib. Odesa: VMV. 2010. 472 s. [in Ukrainian].

4. Kovtuniuk Z.I., Ketskalov V.V. (2020). *Metodychni vkazivky do vykonannia laboratorno-praktychnykh zaniat z dystsypliny «Hrybivnytstvo» zdobuvachamy vyshchoi osvity spetsialnosti 203 «Sadivnytstvo ta vynohradarstvo» OR «Bakalavr»* [Methodical instructions for the implementation of laboratory-practical classes in the discipline «Mushroom growing» by students of higher education, specialty 203 «Horticulture and viticulture» OR «Bachelor»]. Uman: UNUS. 2020. 47 s. [in Ukrainian].

5. Tkachuk S.O. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy ovochevykh, kartopli ta hrybiv na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methodology for examination of plant varieties of the vegetable, potato and mushroom groups for distinctiveness, homogeneity and stability]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. 2016. 1145 s. [in Ukrainian].

6. Lykhatskyi V.I. (2012). *Ovochivnytstvo: praktykum*. Vinnytsia: FOP Bondarets S. S. 2012. 451 s. [in Ukrainian].

7. Tsyz O.M. (2014). *Kul'tyuvannia yistivnykh hrybiv: monohrafiia*. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury. 2014. 276 s. [in Ukrainian].

8. Ilchuk R.V., Dydiv I.V., Dydiv O.I., Sydorchuk S.I. (2018). *Pecherytsia dvosporova: biolohiia i tekhnolohiia vyroshchuvannia: navch. posib*. Lviv: LNAU, 2018. 156 s. [in Ukrainian].

9. Latiuk H.I., Popova L.M. (2021). *Hrybivnytstvo* [Vegetable growing: practicum for students of higher education institutions of I-IV levels of accreditation, who are studying under the educational and professional programs of bachelor's and master's degrees in the specialties «Agronomy» and «Horticulture and viticulture»]: praktykum dlia studentiv vyshchykh zakladiv osvity I-IV rivniv akredytatsii, yaki navchaiutsia za osvitho-profesiinymy prohramamy bakalavr i mahistr spetsialnosti «Ahronomiia» ta «Sadivnytstvo i vynohradarstvo». Odesa : Astroprint. 2021. 140 s. [in Ukrainian].

10. Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., Vradii O. et. all. (2022). Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. Vol. 12 (4). P. 459-464 [in English].

11. Razanov S.F., Aliksieiev O.O., Vradii O.I., Verhelis V.I. (2019). *Monitorynh zabrudnennia yistivnykh hrybiv vazhkymy metalamy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho Ukrainy* [Monitoring of heavy metal contamination of edible mushrooms in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Vin Smart Eco: zbirnyk naukovykh prats I Naukovo-praktychnoi konferentsii, 16-18 travnia 2019 roku, m. Vinnytsia: KVNZ – Vinnytska akademiia nepererвної osvity*. 2019. S. 218-220 [in Ukrainian].

12. Aliksieiev O.O., Vradii O.I. (2019). *Doslidzhennia vplyvu terminu vymochuvannia u vodno-solovomu rozchyni hrybiv na kontsentratsiiu v nykh tsynku* [Study of the influence of the soaking time in a water-salt solution of mushrooms on the concentration of zinc in them]. *Integration system of education, science and production in the modern information*

space: materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii m. Ternopil, 24 zhovtnia 2019 roku, m. Ternopil: Krok. 2019. S. 17-19 [in Ukrainian].

13. A. Razanova, O. Vradii (2022). Zminy kontsentratsii vazhkykh metaliv u hrybakh za yikh kulinarnoi obrobky ta konservuvannia [Changes in the concentration of heavy metals in mushrooms during their cooking and canning]. Teoriia i praktyka rozvytku ahropromysloвого комплексу ta silskykh terytorii: materialy XXIII Mizhnarodnoho naukovo-praktychnoho forumu. 4-6 zhovtnia 2022 r. Lviv: LNUP. 2022. S. 255-258 [in Ukrainian].

14. Vradii O.I., Razanov S.F. (2020). Sposib znyzhennia kontsentratsii vazhkykh metaliv u yistivnykh hrybakh za kulinarnoi yikh obrobky [The method of reducing the concentration of heavy metals in edible mushrooms during their culinary processing]: pat. na korysnu model 142065 Ukrainy: MPK A23L 31/00 A23L 5/00; vlasnyk Vinnytskyi natsionalnyi ahraryni universytet: № u201911420, zaiavl. 25.11.19; opubl. 12.05.2020, Biul. 9 [in Ukrainian].