

ОЦІНКА РИЗИКІВ НАКОПИЧЕННЯ ТОКСИЧНИХ МЕТАЛІВ ГРИБАМИ ШИЇТАКЕ З СУБСТРАТІВ РІЗНОГО СКЛАДУ

*Арсеньєва Л. Ю.¹, д.т.н., професор,
проректор з науково-педагогічної та виховної роботи*
<https://orcid.org/0000-0002-0976-7625>

*Веліканов О. О.¹, аспірант
кафедри експертизи харчових продуктів*
<https://orcid.org/0000-0003-1856-0244>

*Станіславів С. І.², с.н.с., зав.
сектору фізико-хімічних випробувань*
<https://orcid.org/0000-0003-2726-3671>

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

²Український державний НДІ «Ресурс», м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-02>

З огляду на актуальність питання якості і безпечності харчових продуктів, яке на сьогоднішній день в Україні стоїть дуже гостро, у даній статті зроблено акцент на вплив ризиків, які виникають під час культивування грибів шиїтаке на природньому і збагаченому хромом субстратах. Гриби представляють величезний потенціал як джерело біологічно активних метаболітів вуглеводної, ліпідної, білкової природи, а також терпеноїдів, стероїдів, алкалоїдів, фенольних сполук, вітамінів, мінеральних елементів. Тому у даному дослідженні особлива увага приділена вивченню можливості використання грибів в якості безпечного для здоров'я джерела біологічно активних речовин та мікроелементів. Також, окреслено ризики, які виникають під час акумулювання токсичних елементів плодовим тілом гриба із субстрату. **Метою роботи** є системний аналіз та оцінювання потенційних ризиків, які виникають під час штучного культивування грибів шиїтаке та впливу і значущості різних факторів небезпеки, серед яких найбільшу увагу приділено хімічним. **Предмет дослідження:** оцінка ризиків харчової придатності (в першу чергу за вмістом токсичних металів) грибів шиїтаке, вирощених на природньому та збагаченому цитратом хрому поживних середовищах. **Матеріали та методи:** вміст токсичних металів в грибах шиїтаке досліджувався методом атомно-адсорбційної спектрометрії. Пробопідготовка полягала в висушуванні і озоленні грибів з подальшим розчиненням в азотній кислоті кваліфікації «ч.д.а». Калібрування приладу здійснювалося за допомогою розчинів, отриманих розведенням стандартних зразків металів. **Результати.** Розглянуто особливості накопичення міді, цинку, свинцю та кадмію грибами шиїтаке, культивованими на субстратах з різними вмістом хрому. Вміст і концентрування мікроелементів грибами шиїтаке, а особливо важких металів, і є основними показником, на який варто звертати увагу при проведенні контролю ризиків згідно ІЕС/ISO 31000:2009. **Сфера застосування:** результати дослідження можуть бути застосовані при оцінці ризиків і впровадженні систем НАССР на підприємствах, які займаються штучним вирощенням грибів.

Ключові слова: вирощування, оцінка ризиків, гриби шиїтаке, накопичення мікроелементів, заданий склад

RISKS EVALUATION OF TOXIC METALS ACCUMULATION BY SHIITAKE MUSHROOMS FROM VARIOUS COMPOSITION SUBSTRATES

Larysa Arsenieva¹, D-r of Sciences, Technics, Professor,
Vice-Rector (Science and Educational Work)

<https://orcid.org/0000-0002-0976-7625>

Oleksandr Velikanov¹, Postgraduate,
Department of Foodstuff Expertise

<https://orcid.org/0000-0003-1856-0244>

Svitlana Stanislaviv², Sen. Res.,
Head of the Physical and Chemical Tests Sector
<https://orcid.org/0000-0003-2726-3671>

¹National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

²The Ukrainian State Scientific Research Institute “Resurs”, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-02>

*In this article, the emphasis is on the impact of risks that arise during the cultivation of shiitake mushrooms on natural and chromium-enriched substrates, given the urgency of the issue of food quality and safety, which is very acute in Ukraine today. Mushrooms have a huge potential as sources of biologically active metabolites of carbohydrate, lipid and protein origin, terpenoids, steroids, alkaloids, phenolic compounds, vitamins, minerals. Therefore, special attention is paid to the study of the possibility of using mushrooms as a safe source of biologically active substances and trace elements. In addition, the risks that arise during the accumulation of toxic elements by the fruiting body of the fungus from the substrate are outlined. **The purpose of the study** is a systematic analysis and evaluation of the potential risks that arise during the artificial cultivation of shiitake mushrooms and the impact and significance of various hazards, among which the greatest attention is paid to chemical one. **The subject of the study** is the evaluation of the risks of nutritional suitability (primarily for the toxic metals content) of shiitake mushrooms grown on natural and chromium citrate enriched nutrient media. **Materials and methods:** the content of toxic metals in shiitake mushrooms has been studied by atomic adsorption spectrometry. Sample preparation consisted of drying and ashing the mushrooms with subsequent dissolution in nitric acid qualification “pure for analysis”. Calibration of the device has been carried out using solutions obtained by diluting the standards of metal samples. **Results.** Features of accumulation of copper, zinc, lead and cadmium by shiitake mushrooms cultivated on substrates with different chromium content are considered. The content and concentration of trace elements in shiitake mushrooms, and especially heavy metals, are the main indicators to pay attention to during conducting risk control according to IEC / ISO 31000: 2009. **Scope:** the results of the study can be used in risk evaluation and HACCP system implementation in enterprises engaged in artificial cultivation of mushrooms.*

Key words: cultivation, risk evaluation, shiitake mushrooms, accumulation of microelements, preset composition

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в Україні питання безпеки харчових продуктів розглядається у рамках чинного законодавства, зокрема Закону України «Про основні принципи і вимоги до безпеки та якості харчових продуктів». Цей закон відображає сучасні підходи до гарантування якості харчових продуктів. Зокрема, передбачає запровадження сучасних систем контролю HACCP[1].

Система HACCP сприяє вдосконаленню гарантування безпеки продукції з одночасною оптимізацією витрат. Концептуальним є ґрунтовний аналіз імовірних

біологічних, хімічних і фізичних факторів ризику, завдяки чому стабільно забезпечується мінімізація можливості їх виникнення.

Згідно з оновленою редакцією Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» з 20 вересня 2019 р. вимоги щодо запровадження систем НАССР набули обов'язковості для всіх потужностей, які використовують для вирощування та виробництва харчових продуктів [2]. Базою для запровадження систем НАССР є аналізування факторів небезпеки та ризиків для кожного конкретного процесу та належної оцінки впливу потенційних небезпек.

Умови членства України в СОТ та її інтеграція до ЄС вимагають від виробників, окрім впровадження на виробництва системи НАССР, застосування нових механізмів і інструментів щодо оцінки ризиків при вирощуванні і реалізації продукції, зокрема тепличного культивування грибів шийтаке, та визначення ступеню цих ризиків.

Гриби мають унікальний збалансований склад усіх біологічно цінних харчових компонентів: білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів. Біологічно-активні речовини грибів сприяють нормалізації апетиту, підвищують імунітет, знижують рівень холестерину низької щільності, зменшують ризик інфаркту та запобігають появі атеросклерозу, впливають на розвиток пам'яті й активізують розумову діяльність людини. Мають радіопротекторні властивості. Гриби представляють собою величезний потенціал в якості джерел біологічно активних метаболітів вуглеводної, ліпідної, білкової природи, терпеноїдів, стероїдів, алкалоїдів, фенольних сполук, вітамінів, мінеральних елементів. Тому в останні роки увагу учених усього світу направлено на вивчення можливості використання грибів в якості джерела біологічно активних речовин та мікроелементів [3-5].

Світовий досвід свідчить, що одним із ефективних механізмів прогнозування, оцінювання та моніторингу ризиків в умовах невизначеності є розроблення і впровадження на підприємствах систем управління побудованих за вимогами міжнародних стандартів ISO 31000 [6,7]. Саме такий підхід дозволить враховувати швидкоплинні зміни, в яких функціонує підприємство, врахувати існуючі ризики і своєчасно розробити організаційно-технічні заходи щодо зменшення їх впливу.

Слід зазначити, що основним стандартом з управління ризиками є розроблений Федерацією Європейських Асоціацій Ризик Менеджерів («FERMA») разом з інститутом ризик-менеджменту у Великобританії, Асоціацією ризик-менеджменту та страхування і Національним Форумом ризик-менеджменту в Громадському Секторі Великобританії. Цей документ трактує ризик-менеджмент, як основоположну частину стратегічного управління організацією, головним завданням якого є ідентифікація ризиків та управління ними. Для того ж система управління ризиками повинна мати програму контролю виконання поставлених завдань та методика оцінки ефективності проведених заходів.

Слід мати на увазі, що серед основних причин виникнення ризику виділяють зовнішні фактори – умови, на які не можна вплинути, але необхідно брати до уваги, та внутрішні фактори – фактори, що утворилися внаслідок діяльності і організації виробництва. В контексті поставленої проблеми до внутрішніх факторів ризику належать прогнозований хімічний склад субстрату для тепличного культивування грибів шийтаке, а також - збагачення його певними хімічними елементами задля отримання продукту функціонального харчування.

Кількісний аналіз ризику складається з оцінки рівня ризику і рівня його впливу на отримання якісного кінцевого продукту з заданим хімічним складом. Кількісне визначення рівня ризику, як правило, носить об'єктивний характер, оскільки базується на певній статистичній основі і здійснюється за рахунок інструментальних методів оцінки.

Оскільки в субстраті і оточуючому середовищі пестицидів та інших токсичних сполук міститися не може, саме встановлення мікроелементного складу грибів шийтаке визначає ступінь ризику при їх споживанні у їжу.

Збагачення природного субстрату солями хрому, зокрема цитратом, ставить на меті отримання на основі гриба шиїтаке дієтичної харчової добавки для профілактики та лікування цукрового діабету. Але при цьому може спостерігатися зсув природної рівноваги в накопиченні плодовим тілом різних мікроелементів з субстрату. Відомим є явище антагонізму і синергізму мікронутрієнтів в природних біосистемах [8]. Антагоністом хрому виступає залізо, а антагоністами заліза, в свою чергу, – кальцій та цинк.

На сьогоднішній день динаміка засвоювання мікроелементів грибами шиїтаке на збагачених субстратах комплексно не досліджувалась, особливо з точки зору надмірного засвоєння токсичних елементів, що суттєво підвищує ризики небезпеки вживання таких грибів у їжу.

Мета роботи. Обов'язковим є комплексне оцінювання потенційних ризиків та значущості факторів небезпеки. Факторами небезпеки вважають біологічні, хімічні або фізичні властивості, які можуть призвести до того, що харчовий продукт стане небезпечним для споживання за умов дотримання технічних умов на нього.

У даній статті робиться акцент на ймовірність настання наслідку ризику, зокрема динаміку накопичення токсичних елементів грибами шиїтаке у період їх культивування на природному субстраті і субстратах, збагачених хромом в різних концентраціях.

Матеріали та методи. Об'єктом досліджень були гриби шиїтаке вирощені на п'яти різних субстратах, які являли собою спеціально знезаражені та підготовлені відходи деревини.

Мікроелементний склад грибів досліджували методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі Perkin Elmer AAnalyst 400. Калібрувальні розчини готували розведенням бідистильованою водою стандартних зразків металів в стандартизованому мірному посуді за допомогою дозаторів Eppendorf та Thermo.

Враховуючи особливості пробопідготовки для проведення розрахунків вмісту мікроелементів на 100 г природної сировини попередньо була визначена масова частка вологи грибів (гриби висушували у два етапи: за температури 50°C та 105°C), та вміст золи (озолення проводили за температури 750°C).

Зважування зразків проводили на вагах XS204DR Mettler Toledo. Для висушування і прожарювання проб використовувалась сушильна шафа Snol 67/350 та муфельна піч Snol 7,2/1100, керамічні тиглі.

Наважки розчинялись в азотній кислоті класифікації «ч.д.а.».

Також для пробопідготовки був використаний мікрохвильовий пристрій.

Результати та їх обговорення. З економічного та екологічного погляду на питання культивування грибів у тепличних умовах важливими аргументами на користь подальшого збільшення обсягів виробництва є їх цінність як фізіологічно функціонального харчового продукту.

Невід'ємною частиною створення високоінтенсивних технологій культивування грибів роду шиїтаке є знання їх життєвого циклу і морфогенезу. Розкриття механізмів, що регулюють певні стадії розвитку грибного організму і визначення факторів, що впливають на його життєву активність, дозволить оптимізувати і цілеспрямовано регулювати біотехнологічні процеси та отримувати продукцію потрібної якості в максимальній кількості [3,4,8].

Культивування грибів відбувається в безпосередньому контакті з субстратом та з зовнішнім середовищем, тому вони є постійними об'єктами стрес-факторів, фізичної і хімічної природи. Інтенсивні способи вирощування (в спеціальних приміщеннях з регульованими умовами та мікрокліматом) мають ряд переваг, зокрема процес культивування ведеться цілий рік; висока і стабільна врожайність завдяки створенню оптимальних умов; коротший виробничий цикл і можливість застосування автоматизації виробничих процесів.

Свіжі плодові тіла грибів містять близько 90% масової частки вологи, решта - суха біомаса, по відношенню до якої вуглеводи складають близько 60%, протеїни 25%, жири 5%, мінеральні компоненти (зола) 10%.

Широкий діапазон варіювання хімічного складу грибів залежить не тільки від складу субстрату, а й від співвідношення масової частки капелюшків і ніжок гриба в аналізованій середній пробі, оскільки їх склад відрізняється [5,9-11].

Джерела мінерального живлення, споживані у відносно великих кількостях - це фосфор, калій, натрій, кальцій, магній, в невеликих - цинк, мідь, марганець, літій, хром. Токсичними елементами, які можуть потрапляти в гриб з субстрату, є кадмій і свинець [12], перебільшення вмісту цинку і міді за значення ГДК також можуть робити гриби небезпечними для вживання.

Для дослідження були підготовлені зразки грибів шиїтаке, вирощені на різних субстратах.

Зразки 1-3: гриби, вирощені на субстраті збагаченому цитратом хрому з концентраціями хрому 0,3; 1,0; 3,0 мг/л відповідно. Зразок 4 – гриби, вирощені на природному субстраті. Зразки для дослідження одержані розведенням в 25 мл азотної кислоти золи, що утворилася при мінералізації за температури 450°C 10 г попередньо висушених (температура 105°C до сталої ваги) та подрібнених грибів шиїтаке [12].

Зразки 5,6 одержані з грибів шиїтаке, вирощених на одному природному субстраті шляхом розчинення 1,5 г проби в 10 мл азотної кислоти у мікрохвильовому пристрої. В зразку 5 розчинялися висушені при температурі 105°C до сталої ваги подрібнені гриби шиїтаке. В зразку 6 – зола отримана з них за температури 450°C.

Визначена масова частка вологи грибів складала 87,17%, вміст золи у висушених грибах 6,15%, сирих – 0,79%.

Результати атомно-абсорбційних досліджень наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст токсичних металів в грибах шиїтаке в залежності від використання різних субстратів для їх культивування, мг/100 г

Зразок	Вміст токсичних металів, мг/100 г			
	Цинк	Мідь	Кадмій	Свинець
1	1,046	0,063	0,007	0,012
2	1,168	0,078	0,006	0,011
3	1,291	0,059	0,007	0,011
4	0,966	0,093	0,004	0,009
5	1,154	0,077	0,008	0,011
6	1,000	0,126	0,003	0,006

З наведених даних видно, що вміст токсичних елементів в грибах шиїтаке практично однаковий для п'яти різних субстратів. Крім того, слід зазначити, що різні методи пробопідготовки практично не впливають на визначені значення концентрацій.

ГДК для кадмію становить 0,2 мг/кг, свинцю 0,3 мг/кг, міді 10 мг/кг, цинку 20 мг/кг [13]. Усереднене значення вмісту міді, кадмію і свинцю в грибах шиїтаке є приблизно в 10 разів меншим за критичні значення для цих металів, а цинку – в 2 рази.

Якщо скористатися середніми значеннями коефіцієнту накопичення токсичних металів для диких грибів, розрахованими авторами [14,15], то можна вважати, що незалежно від типу субстрату, вміст міді, кадмію і свинцю в грибах шиїтаке не буде становити загрозу організму людини при їх вживанні, а потенціальним ризиком може бути виключно накопичення цинку.

Прослідковується певна кореляції (через антагонізм і синергізм мікронутрієнтів) впливу надлишку хрому в субстраті на збільшення вмісту цинку в плодовому тілі гриба шийтаке. Але вона не носить критичного характеру.

Скоріш за все, найбільш імовірним джерелом потрапляння цинку в субстрат, а з нього у гриб, є вода, яка використовується при підготовці субстрату. Відбувається це, вочевидь, через зношену систему водопостачання. Саме на контроль води та її підготовку слід звернути першочергову увагу для зменшення ризиків отримання грибів шийтаке з перебільшеним вмістом токсичних елементів (цинку).

Висновки. Для досягнення більшої продуктивності процесів культивування грибів шийтаке основні зусилля повинні спрямовуватись на розробку оптимального мікро- та макроелементного складу поживних середовищ і субстрату. Методи оптимізації поживного середовища повинні передбачати зміну одного незалежного параметра при збереженні інших незмінними.

Саме вміст і концентрування мікроелементів грибами шийтаке, а особливо важких металів, в першу чергу цинку, і є основними показником, на який варто звертати увагу за проведення контролю ризиків згідно ІЕС/ISO 31000:2009.

Бібліографія

1. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України № 771/97-ВР. Станом на 24.09.2021. Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради. Київ. 1998. №19. Стаття 98.
2. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів: Закон України № 1602-VII. Станом на 24.09.2021. Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради. Київ. 2014. № 41-42. С. 2864.
3. Котляров В. В., Федулов В. В., Доценко К.А. [и др.]. Применение физиологически активных веществ в агротехнологиях. Краснодар: КубГАУ, 2014. 169 с.
4. Александрова Е. Г. Влияние вида и способа внесения органических добавок на продуктивность грибов шампиньона. *Перспективы развития науки: сборник статей*. 2014. С. 66-69.
5. Поздняковский В. М. Экспертиза грибов: учебно-справочное пособие. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2003. 256 с.
6. Risk management – Principles and guidelines: IEC/ISO 31000:2009. URL <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>.
7. Хімічева Г. І., Шкура М. В. Застосування стандартів ISO серії 31000 при оцінці ризиків архітектурних робіт. *Вост.-Европ. журн. передовых технологий*. 2012. № 3/3. С.7-10.
8. Охлопкова Н.П., Шевцова Л.В., Фомина В.И., Коростелева Ж.Ю. Изучение накопления тяжелых металлов плодовыми телами шиитаке (*Lentinus edodes*). *Сб. науч. тр. Ин-т леса Нац. акад. наук Беларуси*. 2001. №52. С. 81-90.
9. Бурда Н. Є., Журавель І. О. Вивчення елементного складу грибів кордіцепс, шийтаке, рейши та майтаке. *Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика*. 2016. Вип. 23, кн. 1. С. 308-312.
10. Герасимець І.І., Фіра Л.С., Медвідь І.І. Дослідження гепатопротекторних властивостей густого екстракту грибів шийтаке. *Медицина та клінічна хімія*. 2019. Т.21.№4. С.97–104. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2019.v.i4.10845>.
11. Федоритенко Н. О. Розробка складу та технології лікувально- профілактичного засобу у формі капсул на основі грибів Шийтаке: автореф. дис. канд. фармац. наук: 15.00.01. Х., 2010. 32 с.
12. ДСТУ 7670:2014. Сировина і продукти харчові. Готування проб. Мінералізація для визначання вмісту токсичних елементів. Мінкономрозвитку України. Київ, 2015. 18с.

13. Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах. Державні санітарні норми і правила: Наказ № 1238. Станом на 24.09.2021. Міністерство охорони здоров'я України. Офіційний вісник України. Київ. 2020. № 60. С. 497.

14. Разанов С.Ф., Врадій О.І. Оцінка інтенсивності забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 114-124. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2019.170591>

15. Сибиркина А.Р. Аккумуляция хрома грибами соснового бора Семипалатинского Прииртышья Республики Казахстан. *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 2. С.341.

References

1. Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do bezpechnosti ta yakosti kharchovykh produktiv: Zakon Ukrainy. [On Quality and Safety of Food Products and Food Raw Materials: The Law of Ukraine]. As of 24.09.2021. Verkhovna Rada Ukrainy. Vidomosti Verkhovnoi Rady. [The Verkhovna Rada of Ukraine. Statements of Verkhovna Rada of Ukraine]. Kyiv. 1998. N19. Article 98. [in Ukrainian]

2. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo kharchovykh produktiv: Zakon Ukrainy. [On modification of some legislative acts of Ukraine concerning foodstuff: The Law of Ukraine]. As of 24.09.2021. Verkhovna Rada Ukrainy. Vidomosti Verkhovnoi Rady. [The Verkhovna Rada of Ukraine. Statements of Verkhovna Rada of Ukraine]. Kyiv. 2014. N 41-42. P. 2864. [in Ukrainian]

3. Kotlyarov V.V., Fedulov YU.P., Dotsenko K.A., Kotlyarov D.V., Yablonskaya YE.K. (2014). Primeneniye fiziologicheskii aktivnykh veshchestv v agrotekhnologiyakh [The use of physiologically active substances in agricultural technologies]. Krasnodar: KubHAU. 169 p. [in Russian].

4. Aleksandrova YE. G. (2014). Vliyaniye vida i sposoba vneseniya organicheskikh dobavok na produktivnost' gribov shampin'ona [Influence of the type and method of introducing organic additives on the productivity of champignon mushrooms.]. *Perspektivy razvitiya nauki: sbornik statey* [Prospects for the development of science: a collection of articles]. P. 66-69. [in Russian].

5. Pozdnyakovskiy V. M. (2003). Ekspertiza gribov: uchebno-spravochnoye posobiye [Expertise of mushrooms: study guide]. Novosibirsk: Siberian University Publishing House. 256 p. [in Russian].

6. Risk management – Principles and guidelines: IEC/ISO 31000:2009. URL <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>.

7. Khimicheva H.I., Shkura M.V. (2012). Zastosuvannia standartiv ISO serii 3100 pry otsintsi ryzykiv arkhitekturnykh robit [Application of ISO 31000 series standards in risk assessment of architectural works]. *Vost.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnologiy* [Eastern Europe magazine of advanced technologies]. № 3/3. С.7-10. [in Ukrainian].

8. Okhlopko N.P., Shevtsova L.V., Fomina V.I., Korosteleva ZH.YU. (2001). Izucheniye nakopleniya tyazhelykh metallov plodovymi telami shiitake (Lentinus edodes) [Study of the accumulation of heavy metals in shiitake fruit bodies (Lentinus edodes)]. *Sb. nauch. tr. In-t lesa Nats. akad. nauk Belarusi* [Collection of scientific papers. Institute of forest Nat. Acad. Of Sciences of Belarus]. №.52. P. 81-90. [in Russian].

9. Burda N.Ye., Zhuravel I.O. (2016). Vyvchennia elementnoho skladu hrybiv korditseps, shiitake, reishy ta maitake [Study of the elemental composition of the fungi Cordyceps, Shiitake, Reishi and Maitake]. *Zbirnyk naukovykh prats spivrobitnykiv NMAPO im P.L. Shupyka* [Collection of scientific works of NMAPE named after P.L. Shupik]. Ed. 23, Book 1. P.308-312. [in Ukrainian].

10. Herasymets I.I., Fira L.S., Medvid I.I. (2019). Doslidzhennia hepatoprotekturnykh vlastyvostei hustoho ekstraktu hrybiv shyitake [Study of hepatoprotective properties of a thick extract of shiitake mushrooms]. Medychna ta klinichna khimiia [Medical and clinical chemistry]. V.21.№4. P.97–104. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2019.v.i4.10845>
11. Fedorytenko N.O. (2010). Rozrobka skladu ta tekhnolohii likuvalno-profilaktychnoho zasobu u formi kapsul na osnovi hrybiv shyitake: avtoref. dys. kand. farmats. nauk: 15.00.01 [Development of composition and technology of therapeutic and prophylactic agent in the form of capsules based on Shiitake mushrooms: author's abstract of the dissertation of the candidate of pharmaceutical sciences: 15.00.01]. Kharkiv. 32 p. [in Ukrainian].
12. DSTU 7670:2014. Syrovyna i produkty kharchovi. Hotuvannia prob. Mineralizatsiia dlia vyznachannia vmistu toksychnykh elementiv [Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization to determine the content of toxic elements]. Minekonomrozvytku Ukrainy [Ministry of Economy of Ukraine]. Kyiv, 2015. 18p. [in Ukrainian]
13. Maksymalno dopustymi rivni okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh. Derzhavni sanitarni normy i pravyla: Nakaz. [Maximum permissible levels of certain contaminants in food. State sanitary norms and rules: Order]. As of 24.09.2021. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy. [Ministry of Health of Ukraine. Official Bulletin of Ukraine]. Kyiv. 2020. N 60. P.497. [in Ukrainian]
14. Razanov S.F., Vradiy O.I. (2019). Otsinka intensyvnosti zabrudnennia yistivnykh hrybiv vazhkymy metalamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of the intensity of edible mushrooms contamination by heavy metals in the conditions of Right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature using]. N 1. P. 114-124. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2019.170591>
15. Sibirskina A.R. (2012). Akkumulyatsiya khroma gribami sosnovogo bora Semipalatinskogo Priirtysh'ya Respubliki Kazakhstan [Accumulation of chromium by pine forest mushrooms of the Semipalatinsk Priirtyshye of the Republic of Kazakhstan]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. N 2. P.341. [in Russian].