

УДК 504.5:664.848
DOI: 10.37128/2707-5826-
2022-3-16

**ЗМІНА КОНЦЕНТРАЦІЇ
ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У
ГРИБАХ ЗА ЇХ
КОНСЕРВУВАННЯ**

С.Ф. РАЗАНОВ, доктор с.-г. наук,
професор
Н.Я. ГЕТМАН, доктор с.-г. наук, доцент
О.І. ВРАДІЙ, асистент
Вінницький національний аграрний
університет
О.П. КОРУНЯК, канд. с.-г. наук, декан
факультету агротехнологій і
природокористування
Заклад вищої освіти «Подільський
державний університет»

У статті наведено результати досліджень з вивчення концентрацій важких металів у їстівних грибах (маслюки звичайні, рижики смачні, опеньки осінні справжні), заготовлених в умовах ДП "Вінницьке лісове господарство" та визначено коефіцієнт небезпеки даних токсикантів для організму людини. Метою досліджень було вивчення зміни концентрації важких металів (свинець, кадмій, цинк, мідь) у грибах за їх консервування в маринаді. Проведено порівняльну оцінку концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді у маслюках звичайних, рижиках смачних та опеньках осінніх у свіжому вигляді та законсервованих у маринаді. Показано зміни концентрації в грибах свинцю, кадмію, цинку, міді та коефіцієнт їх небезпеки за їх консервування в маринаді. Виявлено різну інтенсивність накопичення важких металів грибами маслюками звичайними, рижиками смачними та опеньками осінніми справжніми, зібраних в умовах досліджуваного лісового угіддя. Встановлено, що найвищий вміст свинцю і кадмію виявлено у маслюках звичайних, цинку та міді – у рижиках смачних. У консервованих грибах маслюках звичайних, рижиках смачних та опеньках осінніх справжніх виявлено нижчу концентрацію свинцю відповідно у 1,14 раза, 1,29 та 1,08 раза, кадмію – у 1,62 раза, 1,68 та 1,4 раза, цинку – у 1,2 раза, 1,4 та 1,1 раза, міді – у 1,3 раза, 2,2 та 1,8 раза, порівняно з грибами до їх обробки та консервування. Подібні зміни виявлено і по коефіцієнту небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у консервованих у маринаді грибах. Зокрема, коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді був нижчим у консервованих грибах маслюках звичайних у 1,55 раза, 1,62, 1,25 та 2,1 раза; рижиках смачних – у 1,29 раза, 1,68, 1,43 та 2,9 раза; опеньках осінніх справжніх – у 1,08 раза, 1,4, 1,17 та 1,88 раза відповідно порівняно зі свіжими грибами.

Ключові слова: свинець, кадмій, цинк, мідь, коефіцієнт небезпеки, маслюки звичайні, рижики смачні, опеньки осінні справжні, консервування у маринаді.

Табл. 6. Літ. 18.

Постановка проблеми. Внаслідок посилення антропогенного впливу на довкілля відбувається інтенсивна деградація природних екосистем, які зазнають значних змін [1].

Вагомим чинником у цьому процесі виступає надмірне надходження в біосферу хімічних елементів техногенного походження, які накопичуються в екосистемах, спричиняючи їх забруднення. До таких елементів, насамперед, відносять важкі метали, які є одними із небезпечних забруднювачів довкілля, а також високотоксичними речовинами канцерогенної та мутагенної дії [2-3].

Важкі метали належать до числа найбільш небезпечних для природного середовища хімічних забрудників (екотоксикантів) [4]. Це зумовлено, з однієї сторони, технократичним напрямком розвитку суспільства, а з іншої – фізіолого-біохімічними властивостями самих важких металів. Дія важких металів часто прихована, тому прояв токсичності може виникати несподівано на окремих рівнях трофічних ланцюгів. Враховуючи високотоксичність важких металів та їх активну міграцію в екосистемах, важливим аспектом є контроль за надходженням їх в організм людини з продуктами харчування [5-6].

Відомо, що лісові насадження затримують переміщення в атмосфері різні речовини, зокрема, техногенного походження, які з часом осідають на поверхні ґрунту та включаються в колообіг, забруднюючи рослини і їх продукцію. Особливого контролю за інтенсивністю забруднення важкими металами потребують лісові ресурси продовольчого спрямування, зокрема, і гриби [7-8]. Доведено, що гриби мають властивість до накопичення різних токсикантів [9-10]. У ході вивчення забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах поліської частини Житомирської області було виявлено різну інтенсивність накопичення в них свинцю, кадмію, цинку та міді. Зокрема, найбільший вміст важких металів було виявлено у печерицях, найменший – у білих грибах [11].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема захисту організму людини від впливу шкідливих чинників навколишнього середовища в умовах техногенного навантаження стає дедалі актуальнішою для нашої країни [1].

Серед низки техногенних забруднювачів важкі метали посідають одне з перших місць серед токсикантів. Чималими джерелами забруднення всіх компонентів довкілля є промисловість, сільськогосподарське виробництво, транспорт та ін. [2; 4]. Важкі метали, потрапляючи до організму людини, за певної концентрації можуть викликати фізіологічні порушення, токсикоз, алергію, канцерогенні захворювання та негативно впливати на генетичні функції організму. Так, свинець при надлишку в організмі викликає свинцеву енцефалонейропатію, вражає ЦНС, статеві органи, порушує обмін речовин, інгібування ферментативних реакцій; виникає авітаміноз, анемія, розсіяний склероз; відбувається канцерогенна, тератогенна та мутагенна дія на організм; також свинець може входити у склад кісткової системи замість кальцію [12].

Кадмій при надлишку в організмі викликає гастроінтестинальні розлади, порушення органів дихання, анемію, підвищує кров'яний тиск, вражає нирки, викликає хворобу Ітаї Ітаї, протеїнурію, остеопороз, рак передміхурової залози, спричиняє мутагенну і канцерогенну дію [12].

Багато хімічних елементів (так званих мікроелементів, зокрема, цинк і мідь) є складовою частиною фізіологічної системи регуляції життєвих функцій організму людини. Мікроелементи в певних дозах необхідні для функціонування організму, однак їх надлишок викликає різноманітні захворювання або ураження всього організму.

Наприклад, при нестачі міді в організмі може виникнути слабкість, анемія, білокрів'я, захворювання кісткової системи та порушення координації

рухів. При надлишку в організмі людини міді можуть виникнути такі хвороби, як гепатит, хвороба Вільсона, спостерігається ураження нирок, печінки, мозку, очей. При нестачі цинку відмічається погіршення апетиту, деформація кісток, карликовий ріст, довгочасне загоювання ран та опіків, слабкість зору та короткозорість. За хронічного впливу підвищеної концентрації цинку виникає анемія, зниження імунної резистентності, виразка шлунка, панкреатит, з'являються неврологічні порушення [13].

Однією із причин надходження важких металів в організм людини є забруднена продовольча сировина, зокрема, лісових ресурсів рослинного походження [14]. У зв'язку з цим виникає потреба у пошуках заходів щодо контролю даних токсикантів у продуктах харчування, у тому числі і в грибах. Відомо, що внаслідок кулінарної обробки харчової сировини відбуваються певні зміни хімічного їх складу. Встановлено, що термін вимочування у водно-сольовому розчині грибів за кулінарної обробки впливав на концентрацію в них цинку [15]. У зв'язку з чим можна очікувати і певні зміни щодо вмісту важких металів у грибах за їх консервування у маринаді, що включає такі кулінарні технологічні операції як промивання, вимочування, подрібнення, варіння, стерилізація.

Аналіз літературних першоджерел показує, що на даний час не в повній мірі вивчено питання впливу процесу консервування у маринаді грибів різних видів на концентрацію в них свинцю, кадмію, цинку та міді. Тому дослідження впливу консервування грибів на зміну концентрації в них важких металів потребує більш детального вивчення.

Метою дослідження було вивчення зміни концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді у грибах за їх консервування в маринаді.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проведено на території ДП "Вінницьке лісове господарство". Дослідження концентрації важких металів у грибах: маслюки звичайні (*Suillus luteus* (Lat.)), рижики смачні (*Lactarius deliciosus* (Lat.)), опеньки осінні справжні (*Armillaria mellea* (Lat.)) виконували в Науково-вимірювальній агрохімічній лабораторії кафедри екології та охорони навколишнього середовища факультету агрономії та лісівництва на базі Вінницького національного аграрного університету.

Концентрацію свинцю, кадмію, цинку та міді досліджуваних грибів визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі згідно з ГОСТ 30178-96. Для оцінки ступеня небезпечності елемента-забруднювача у грибах для людини використовували коефіцієнт небезпеки елемента-забруднювача, який визначали за формулою:

$$K_{\text{неб}} = \frac{C_i}{\text{ГДК}}$$

де $K_{\text{неб}}$ – коефіцієнт небезпеки важких металів у грибах; C_i – концентрація важких металів у грибах, мг/кг; ГДК – гранично допустима концентрація важких металів у грибах, мг/кг [16].

ГДК для грибів складає: свинець-0,5, кадмій-0,1, цинк-20, мідь-10 [17]. Схема досліджень включала вивчення концентрації важких металів у свіжих очищених від залишків вегетативної маси рослин та ґрунту у грибах певного виду (маслюки звичайні, рижики смачні, опеньки осінні справжні) – контроль, а також у даних грибах за їх консервування у маринаді, з додатковим проведенням таких операцій: промивання в проточній воді; подрібнення; кип'ятіння протягом 10 хвилин; маринування (додавання часнику, солі, цукру, перцю горошком, лаврового листка, гвоздики, оцту); стерилізація у скляній тарі протягом 30 хвилин – дослід [18].

Результати досліджень та їх обговорення. Результати досліджень показали певний вплив кулінарної обробки грибів (консервування у маринаді) на вміст у них важких металів. Аналізуючи забруднення свіжих грибів свинцем (Табл. 1) необхідно відмітити, що найвища його концентрація була у грибах маслюках звичайних. Порівнюючи з рижиками смачними і опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 1,77 та 3,0 рази.

Таблиця 1

Концентрація свинцю у грибах, мг/кг

Вид грибів	Свіжі гриби	Консервовані гриби
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	0,78±0,01	0,68±0,01
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	0,44±0,04	0,34±0,03
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	0,26±0,03	0,24±0,03

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень та розрахунків

За консервування грибів найвища концентрація свинцю також була виявлена у маслюках звичайних. Порівнюючи з рижиками смачними та опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 2,0 та 2,8 рази відповідно.

Поряд з цим необхідно відмітити, що за консервування, вміст свинцю у маслюках звичайних, рижиках смачних та опеньках осінніх справжніх зменшився у 1,14, 1,29 та 1,08 рази відповідно.

Аналізуючи забруднення грибів кадмієм (Табл. 2) необхідно відмітити, що найвища його концентрація серед свіжих грибів була у маслюках звичайних. Порівнюючи з рижиками смачними та опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 20,4 та 8,3 рази відповідно.

За консервування грибів найвища концентрація кадмію була у маслюках звичайних. Порівнюючи з рижиками смачними та опеньками осінніми

Таблиця 2

Концентрація кадмію у грибах, мг/кг

Вид грибів	Свіжі гриби	Консервовані гриби
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	1,76±0,05	1,08±0,02
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	0,086±0,01	0,051±0,01
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	0,21±0,02	0,15±0,02

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень та розрахунків

справжніми вона була вищою у 21,1 та 7,2 раза відповідно. Водночас необхідно відмітити, що у консервованих грибах концентрація кадмію знизилась у маслюках звичайних у 1,63 раза, у рижиках смачних – у 1,68 раза та опеньках осінніх справжніх – у 1,4 раза.

Аналізуючи забруднення грибів цинком (Табл. 3) необхідно відмітити, що найвища його концентрація серед свіжих грибів була у рижиках смачних. Порівнюючи з маслюками звичайними та опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 10,9 та 80,3 раза відповідно.

Таблиця 3

Концентрація цинку у грибах, мг/кг

Вид грибів	Свіжі гриби	Консервовані гриби
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	8,97±0,04	7,09±0,02
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	98,0±0,05	68,5±0,01
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	1,22±0,03	1,02±0,1

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень та розрахунків

За консервування грибів найвища концентрація цинку була у рижиках смачних. Порівнюючи з маслюками звичайними та опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 9,66 та 67,1 раза відповідно.

Внаслідок консервування виявлено певне зниження концентрації у грибах по цинку: у маслюках звичайних вона знизилась у 1,26 раза, рижиках смачних – у 1,43 раза, опеньках осінніх справжніх – у 1,19 раза.

Аналізуючи забруднення грибів міддю (Табл. 4) необхідно відмітити, що найвища його концентрація серед свіжих грибів була у рижиках смачних. Порівнюючи з маслюками звичайними та опеньками осінніми справжніми вона була вищою у 1,38 та 1,7 раза відповідно.

Таблиця 4

Концентрація міді у грибах, мг/кг

Вид грибів	Свіжі гриби	Консервовані гриби
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	0,21±0,03	0,16±0,02
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	0,29±0,02	0,12±0,03
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	0,17±0,01	0,09±0,01

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

Найвища концентрація міді у консервованих грибах була у маслюках звичайних. Порівнюючи з рижиками смачними та опеньками осінніми справжніми концентрація міді у маслюках звичайних була вищою у 1,3 та 1,7 раза відповідно. За консервування маслюків звичайних, рижиків смачних, опеньок осінніх справжніх концентрація міді знизилась у 1,31 раза, 1,41 раза та 1,88 раза відповідно.

Аналізуючи рівень небезпеки важких металів у грибах (Табл. 5) необхідно відмітити, що найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію спостерігався у маслюках звичайних, а цинку і міді – у рижиках смачних. Зокрема, коефіцієнт

небезпеки свинцю і кадмію у свіжих грибах маслюках звичайних був вищим відповідно у 1,77 та 3,0 рази порівняно з рижиками смачними та у 20,4 рази і 8,3 рази проти опеньок осінніх справжніх. Тоді як у рижиках смачних коефіцієнт небезпеки цинку і міді був вищим порівняно з маслюками звичайними у 11,1 рази і 1,38 рази; опеньок осінніх справжніх – у 81,6 рази і 1,7 рази відповідно.

Таблиця 5

Коефіцієнт небезпеки важких металів у свіжих грибах

Вид грибів	Коефіцієнт небезпеки			
	свинець	кадмій	цинк	мідь
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	1,56	17,6	0,44	0,021
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	0,88	0,86	4,9	0,029
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	0,52	2,1	0,06	0,017

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

Найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію у консервованих грибах виявлено у маслюках звичайних (Табл. 6). Зокрема, у маслюках звичайних коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію був вищим порівняно з рижиками смачними у 2,0 рази і 21,1 рази та опеньками осінніми справжніми у 2,8 і 7,2 рази відповідно.

Таблиця 6

Коефіцієнт небезпеки важких металів у консервованих грибах

Вид грибів	Коефіцієнт небезпеки			
	свинець	кадмій	цинк	мідь
Маслюки звичайні (<i>Suillus luteus</i> (Lat.))	1,36	10,8	0,35	0,010
Рижики смачні (<i>Lactarius deliciosus</i> (Lat.))	0,68	0,51	3,42	0,010
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea</i> (Lat.))	0,48	1,5	0,051	0,009

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень та розрахунків

Коефіцієнт небезпеки цинку у консервованих грибах рижиках смачних був вищим порівняно з маслюками звичайними та опеньками осінніми справжніми у 9,77 та 67,05 рази відповідно. Коефіцієнт небезпеки міді серед консервованих грибів був однаковим у маслюках звичайних та рижиках смачних, а у опеньках осінніх справжніх був нижчим у 1,1 рази. Водночас необхідно відмітити, що коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді був нижчим у консервованих грибах маслюках звичайних у 1,55 рази, 1,62, 1,25 та 2,1 рази; у рижиках смачних – у 1,29 рази, 1,68, 1,43 та 2,9 рази; у опеньках осінніх справжніх – у 1,08 рази, 1,4, 1,17 та 1,88 рази відповідно порівняно з грибами свіжими.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень виявлено, що концентрація та коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку, міді у свіжих грибах та консервованих у маринаді залежали від їх виду. Найвищу концентрацію та вищий коефіцієнт небезпеки свинцю і кадмію було виявлено у маслюках звичайних, цинку і міді – у рижиках смачних. Встановлено також зміни концентрації важких металів у

грибах за кулінарної їх обробки (консервування у маринаді). Так, за консервування грибів маслюків звичайних, рижиків смачних та опеньок осінніх справжніх було відмічено зниження концентрації в них свинцю у 1,14, 1,29 та 1,08 раз; кадмію – у 1,62, 1,68, та 1,4 раз; цинку – у 1,2, 1,4 та 1,1 раз; міді – у 1,3, 2,2 та 1,8 раз відповідно, а також зниження коефіцієнта небезпеки свинцю від 1,08 раз до 1,29 раз, кадмію – від 1,4 раз до 1,6 раз, цинку – від 1,25 раз до 1,4 раз та міді – від 1,8 раз до 2,9 раз порівняно зі свіжими грибами.

Список використаної літератури

1. Аналітичний звіт «Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля». К., 2019. 117 с.
2. Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 12-17.
3. Ткачук О.П., Яковець Л.А. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С.179-186.
4. Шевчук В.Д., Мудрак Г.В., Франчук М.О. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. *Colloquium-journal*. 2021. № 10 (97). Р. 40-46. DOI: 10.24412/2520-6990-2021-1097-40-46.
5. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Динаміка зміни концентрації важких металів у ґрунті при вирощуванні бобових багаторічних трав. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 4. С. 140-143.
6. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Mazur V.A., Didur I.M. Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8(2). 294-300. DOI: 10.15421/2018_341.
7. Разанов С.Ф., Вradій О.І. Оцінка інтенсивності забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 57-65.
8. Vradiy O. Analysis of the efficiency of using the culinary processing of mushrooms in order to reduce the concentration of heavy metals in them. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С. 209-222.
9. Lalotra P., Gupta D., Yangdol R., Sharma Y.P., Gupta S.K. Bioaccumulation of heavy metals in the sporocarps of some wild mushrooms. *Current research in environmental & applied mycology*. 2016. Vol. 6 (3). 159-165. DOI: 10.5943/cream/6/3/2.
10. Вінічук М.М., Скиба Г.В., Єльнікова Т.О., Мандро Ю.Н. Біоаккумуляція окремих металів та неметалів у міцелії та плодових тілах ектомікоризних грибів. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2019. № 20. С. 23-31.
11. Білявський Ю.А. Особливості накопичення важких металів їстівними грибами. *Зб. наук. пр. Ін-т біоенергет к-р і цукрових буряків*. 2013. С. 303-309.

12. Чалая О.С., Фатеева Н.Ю. Вплив важких металів на організм людини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2018. Вип. 190. С. 110-116.
13. Мартинова С.М., Горбач Т.В., Ярмиш Н.В. Метаболічні ефекти цинку (огляд літератури). *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2019. Т. 4. № 6. С. 16-24. DOI: 10.26693/jmbs04.06.016.
14. Vradiy O. Monitoring the pollution of forest berries by heavy metals in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci – 2018-2019*: матеріали XV Міжнародної наукової конференції, 31 грудня 2018 – 07 січня 2019 року, м. Пшемисл, Польща. С. 10-11.
15. Алексєєв 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 року, м. Тернопіль: Крок*. С. 17-19.
16. Мислива Т.М., Надточій П.П., Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище. Житомир, 2011. 50 с.
17. Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах. Державні гігієнічні правила і норми. № 368. ДР-2013 [Чинний від 2013-05-13]. Київ. 2013. 10 с.
18. Доцяк В.С. Технологія приготування їжі з основами товарознавства продовольчих товарів: підручник для проф.-техн. навч. закл. Київ: Наш час, 2014. 400 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Analitychnyi zvit «Bazove doslidzhennia stanu ta napriamiv rozvytku ekolohichnoi polityky Ukrainy ta perspektyv posylennia uchasti orhanizatsii hromadianskoho suspilstva u rozrobsi ta vprovadzhenni polityk, druzhnikh do dovkilla» (2019). [Analytical report "Basic study of the state and directions of development of the environmental policy of Ukraine and the prospects for strengthening the participation of civil society organizations in the development and implementation of environmentally friendly policies]. К. 117 s. [in Ukrainian].
2. Gucol G.V. (2020). Monitoryng zabrudnennja vazhkymy metalamy g'runtiv sil'skogospodars'kogo pryznachennja Lisostepu Pravoberezhnogo [Monitoring of heavy metals contamination of agricultural land of Rightbank Forest steppe]. *Slovak international scientific journal – Slovak international scientific journal*, 40. 12-17 [in Ukrainian].
3. Tkachuk O.P., Yakovets L.A. (2016). Osoblyvosti zabrudnennia zernovoi produktsii vazhkymy metalamy v umovakh Vinnytskoi oblasti [Features of contamination of grain products with heavy metals in the Vinnytsia region]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, № 4. 179-186 [in Ukrainian].

4. Shevchuk V.D., Mudrak H.V., Franchuk M.O. (2021). Ekolohichna otsinka intensyvnosti zabrudnennia gruntiv vazhkymy metalamy [*Ecological assessment of soil pollution intensity by heavy metals*]. *Colloquium-journal*, 10 (97), 40-46 [in Ukrainian].
5. Razanov S.F., Tkachuk O.P. (2017). Dynamika zminy kontsentratsii vazhkykh metaliv u hrunti pry vyroshchuvanni bobovykh bahatorichnykh trav [*Dynamics of changes in the concentration of heavy metals in the soil during the cultivation of perennial legumes*]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, № 4. 140-143 [in Ukrainian].
6. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Mazur V.A., Didur I.M. (2018). Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 8(2). 294-300 [in English].
7. Razanov S.F., Vradii 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 management*, 1. 57-65 [in Ukrainian].
8. Vradiy O. (2020). Analysis of the efficiency of using the culinary processing of mushrooms in order to reduce the concentration of heavy metals in them. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 17. 209-222 [in English].
9. Lalotra P., Gupta D., Yangdol R., Sharma Y.P., Gupta S.K. (2016). Bioaccumulation of heavy metals in the sporocarps of some wild mushrooms. *Current research in environmental & applied mycology*, 6 (3). 159-165 [in English].
10. Vinichuk M.M., Skyba G.V., Jel'nikova T.O., Mandro Ju.N. (2019). Bioakumuljacija okremykh metaliv ta nemetaliv u micelii' ta plodovykh tilah ektomikoryznykh grybiv [*Bioaccumulation of selected metals and non-metals in mycelium and fruit bodies of ectomycorrhizal fungi*]. *Visnyk HNU imeni V.N. Karazina. Serija: Ekologija – Bulletin of KhNU named after V.N. Karazin. Series: Ecology*, 20. 23-31. [in Ukrainian].
11. Biljavs'kyj Ju.A (2013). Osoblyvosti nakopychennja vazhkykh metaliv i'stivnymy grybamy [*Features of accumulation of heavy metals of edible mushrooms in English*]. *Zb. nauk. pr. In-t bioenergetychnykh kul'tur i cukrovych burjakiv – Collection of scientific works. Institute of bioenergy crops and sugar beets of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 17 (2). 303-309 [in Ukrainian].
12. Chalaia O.S., Fatieieva N.Iu. (2018). Vplyv vazhkykh metaliv na orhanizm liudyny [*The influence of heavy metals on the human body*]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 190. 110-116 [in Ukrainian].
13. Martynova S.M., Gorbach T.V., Jarmysh N.V. (2019). Metabolichni efekty cynku (ogljad literatury) [*Metabolic Effects Of Zinc (Review)*]. *Ukrai'ns'kyj zhurnal medycyny, biologii' ta sportu – Ukrainian Journal of Medicine, Biology and*

Sports, 4 (6). 16-24 [in Ukrainian].

14. Vradiy O. (2019). Monitoring the pollution of forest berries by heavy metals in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci – 2018-2019: materialy XV Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii, 31 hrudnia 2018 – 07 sichnia 2019 roku, m. Pshemysl, Polshcha*. 10-11 [in English].

15. Alieksieiev O.O., Vradii O.I. (2019). Doslidzhennia vplyvu terminu vymochuvannia u vodno-solovomu rozchyni hrybiv na kontsentratsiiu v nykh tsynku [Investigation of the effect of soaking time in aqueous-saline solution of fungi 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*. 17-19 [in Ukrainian].

16. Myslyva T.M., Nadtochij P.P., Gerasymchuk L.O. (2011). Vedennja sil'skogospodars'kogo vyrobnytva u pryvatnomu sektori v umovah posylenogo antropogennogo vplyvu na navkolyshnje seredovyshe [Agricultural production in the private sector in terms of enhanced anthropogenic impact on the environment]. Zhytomir. 50 s. [in Ukrainian].

17. Reglament maksymal'nyh rivniv okremykh zabrudnjujuchykh rehovyn u harchovyh produktah. Derzhavni gigijenichni pravyla i normy. (2013). [Regulation of maximum levels of certain pollutants in food products. State hygienic rules and regulations]. № 368. DR-2013 [Chynnyj vid 2013-05-13]. Kyi'v. 10 s. [in Ukrainian].

18. Docjak V.S. (2014). Tehnologija prygotuvannja i'zhi z osnovamy tovaroznavstva prodovol'chyh tovariv: pidruchnyk dlja prof.-tehn. navch. zakl [Food preparation technology with the basics of commodity science of food products]. Kyi'v: Nash chas. 400 s. [in Ukrainian].

ANNOTATION

CHANGE IN THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN MUSHROOMS FOR THEIR PRESERVATION

The article presents the results of studies on the concentration of heavy metals in edible mushrooms (*Suillus luteus* (Lat.), *Lactarius deliciosus* (Lat.), *Armillaria mellea* (Lat.)), harvested in the conditions of the SE "Vinnytsia Forestry", and the hazard ratio of these toxicants for the human body is determined. The purpose of the research was to study changes in the concentration of heavy metals (lead, cadmium, zinc, copper) in mushrooms during their preservation in marinade. A comparative assessment of the concentration of lead, cadmium, zinc, and copper in fresh and preserved in marinade was carried out. Changes in the concentration of lead, cadmium, zinc, and copper in mushrooms and their hazard ratio during their preservation in marinade are shown. A different intensity of accumulation of heavy metals was revealed by the mushrooms *Suillus luteus* (Lat.), *Lactarius deliciosus* (Lat.) and *Armillaria mellea* (Lat.), collected in the conditions of the studied forest area. It was established that the highest content of lead and cadmium was found in *Suillus luteus* (Lat.), and zinc and copper in *Lactarius deliciosus* (Lat.). A lower concentration of lead by 1.14 times, 1.29 and 1.08 times, cadmium – by 1.62 times, 1.68 and 1.4 times, zinc was found in *Suillus luteus* (Lat.) - 1.2 times, 1.4 and 1.1 times, copper - 1.3 times, 2.2 and 1.8 times, compared to mushrooms before their processing and canning. Similar changes were found in the

*hazard ratio of lead, cadmium, zinc and copper in mushrooms preserved in marinade. In particular, the hazard ratio of lead, cadmium, zinc, and copper was lower in *Suillus luteus* (Lat.) by 1.55 times, 1.62, 1.25, and 2.1 times; *Lactarius deliciosus* (Lat.) - 1.29 times, 1.68, 1.43 and 2.9 times; *Armillaria mellea* (Lat.) - 1.08 times, 1.4, 1.17 and 1.88 times, respectively, compared to fresh mushrooms.*

Key words: *lead, cadmium, zinc, copper, danger factor, *Suillus luteus* (Lat.), *Lactarius deliciosus* (Lat.), *Armillaria mellea* (Lat.), canning in marinade.*

Tab 6. Lit. 18.

Інформація про авторів

Разанов Сергій Федорович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: razanov@vsau.vin.ua).

Гетман Надія Яківна – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: nadia.getman52@gmail.com).

Врадій Оксана Ігорівна – асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: oksanavradii@gmail.com).

Коруняк Ольга Петрівна – кандидат сільськогосподарських наук, декан факультету агротехнологій і природокормування, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (32316, Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 12; e-mail: korunyak.dekan.agro@gmail.com).

Razanov Serhii – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Agronomy and Forestry, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Sonyachna str. 3; e-mail: razanov@vme1277@gmail.com).

Hetman Nadiia – Doctor of Agricultural Sciences of the Vinnytsia National Agrarian University, Associate Professor at the Department of Plant Production, Crop Breeding and Bioenergy Crops (21008, Vinnytsia, Soniachna St.3, e-mail: nadia.getman52@gmail.com).

Vradiy Oksana – assistant of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna St., e-mail: oksanavradii@gmail.com).

Koruniak Olga – Candidate of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Agrotechnology and Nature Management, Higher educational institution «Podillia State University» (32316, Khmelnytskyi region, Kamianets-Podilskyi, Shevchenko Str., 12; e-mail: korunyak.dekan.agro@gmail.com).