

Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region

V. Kotelevych  | O. Pinsky | V. Honcharenko | T. Budnik

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.net

Polisky National University,
7 Staryi Bulvar Street,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine

Citation: Kotelevych, V., Pinsky, O., Honcharenko, V., & Budnik, T. (2024). Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 66–72. doi: 10.31210/spi2024.27.02.11

The purpose of our research was to provide a veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region. According to the results of the analysis of the reporting documentation of the state laboratories of veterinary expertise in the food markets of the Zhytomyr region, it was established that in 2023, specialists inspected and conducted 398417 examinations and 1089937 laboratory tests. A total of 67,964 tons were not allowed for sale, and 7,368 unsatisfactory results were obtained, including 37 carcasses, 1,276 cases of invasive and non-communicable diseases, of which 828 were cases of echinococcosis. The main reason for the culling of offal in 2023 was invasive and non-communicable diseases, which significantly worsened their quality and safety after cleaning. 3,925 tons were disposed of due to invasive and non-communicable diseases. According to quality and safety indicators (the content of toxic elements, pesticides, antibiotics, radionuclides) from all the studied samples, only an excess of ^{137}Cs was found in the gifts of the forest, which remains the most dangerous. The specific activity of 4 samples of fresh mushrooms in the Zvyagel district out of 83 investigated was in the range of 657 Bq/kg–756 Bq/kg (according to DR–2006 not higher than 500 Bq/kg) and Korostenyky out of 167 investigated in 5 samples (627.2 Bq/kg–942.5 Bq/kg. The content of ^{137}Cs in 2 samples of dry mushrooms out of 26 investigated in the Zvyagel district was 2709 Bq/kg and 2807 Bq/kg, respectively (according to DR-2006 not higher than 2500 Bq/kg). Specific activity 2 samples of dry mushrooms out of 32 studied in the Korosten district were 2836 Bq/kg and 2777 Bq/kg, respectively. Providing the population of Zhytomyr region with high-quality and safe food products is the result of painstaking work by producers, and increased control at all stages of their production by the requirements of the HACCP system on the entire food chain “from farm to consumer” and increased veterinary and sanitary inspection by specialists of the State Production and Consumer Service and prevention of implementation low-quality and harmful products and food raw materials.

Keywords: food products and food raw materials, organoleptic, physicochemical and sanitary indicators, toxic elements, pesticides, antibiotics, radionuclides.

Ветеринарно-санітарна оцінка харчових продуктів та продовольчої сировини за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області

В. А. Котелевич | О. В. Пінський | В. В. Гончаренко | Т. С. Буднік

Поліський національний
університет, м. Житомир,
Україна

Метою наших досліджень було надати ветеринарно-санітарну оцінку харчовим продуктам і продовольчій сировині за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області. За результатами аналізу звітної документації державних лабораторій ветсанекспертизи на продовольчих ринках Житомирської області встановлено, що у 2023 році спеціалістами оглянуто і проведено 398417 експертиз та виконано 1089937 лабораторних досліджень. Не допущено до реалізації всього: 67,964 т та отримано незадовільних результатів досліджень 7368, в т. ч. 37 туш, 1276 випадків інвазійних та незаразних захворювань, з яких 828 випадків ехінококозу. Основною причиною вибраковки субпродуктів у 2023 році були інвазійні та незаразні захворювання, які значно погіршують їх якість і безпечність після зачистки. З причин інвазійних та незаразних захворювань утилізовано 3,925 т. За показниками якості та безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ^{137}Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. Питома активність 4 проб свіжих грибів у Звягельському районі з 83 досліджених була у межах 657 Бк/кг –756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах (627,2 Бк/кг –942,5 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг. Забезпечення населення Житомирської області якісними і безпечними продуктами харчування – це результат кропіткої роботи виробників, посиленого контролю на всіх етапах їх виробництва за вимогами системи HACCP на всьому харчовому ланцюгу «від ферми – до споживача» та посиленого ветеринарно-санітарного інспектування фахівцями Держпродспоживслужби і недопущення до реалізації недоброякісної та шкідливої продукції і продовольчої сировини.

Ключові слова: харчові продукти і продовольча сировина, органолептичні, фізико-хімічні та санітарні показники, токсичні елементи, пестициди, антибіотики, радіонукліди.

Бібліографічний опис для цитування: Котелевич В. А., Пінський О. В., Гончаренко В. В., Буднік Т. С. Ветеринарно-санітарна оцінка харчових продуктів та продовольчої сировини за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 66–72.

Вступ

Нове конкурентне середовище, в яке інтегруються виробники харчової продукції в Україні, вимагає від них урахування вимог високорозвинених країн щодо забезпечення населення якісними та екологічно безпечними продуктами харчування. В основі цієї вимоги – максимальний захист споживача, збереження його здоров'я, поліпшення загального суспільного добробуту населення. Політика щодо забезпечення біологічної та хімічної безпеки є важливою складовою політики ЄС та України в галузі екології, охорони здоров'я і захисту прав споживачів [4, 9, 10, 41, 48, 49].

Для забезпечення продовольчої безпеки держави і населення екологічно чистими харчовими продуктами і продовольчою сировиною необхідно поряд із збільшенням виробництва особливу увагу приділяти їх якості та безпечності. Проблема забезпечення населення якісними і безпечними харчовими продуктами є однією з першочергових для усіх країн [10, 11, 14, 15, 22–31, 34, 50].

Науковці відзначають, що й досі поза увагою залишається питання формування комплексної інтегрованої системи організації виробництва і контролю безпечності харчової продукції з урахуванням вимог, передбачених системою НАССР на рівні виробників [44].

За даними експертів, здоров'я населення лише на 8,0–12,0 % залежить від системи охорони здоров'я, на 20,0–25,0 % – від стану навколишнього середовища і на 18,0–20,0 % – від генетичних чинників, а головним чином (52,0–55,0 %) – від харчування та соціально-економічних умов [17]. Загальновідомо, здорове харчування залежить від якості і безпечності харчових продуктів, які мають містити в достатній кількості поживні речовини: білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні речовини, що проявляють специфічну фізіологічну активність та доповнюють сенсорні і поживні властивості продукту [1, 2, 18, 26–28, 40, 50].

За життя сучасного покоління продовольча проблема може перерости у глибоку міжнародну кризу і світова спільнота занепокоєна питанням глобальної продовольчої безпеки. Саме тому на будь-якому форумі це питання розглядається як одне із найпріоритетніших [16].

Як наголошують вчені, пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння у їжу людині харчових продуктів і продовольчої сировини, що містять пестициди, токсичні елементи, радіонукліди та інші шкідливі речовини [3–5, 8, 11, 12, 22–30].

Аварія на Чорнобильській АЕС залишила надовго згубні наслідки на великій території України, спричинивши значне погіршення екологічного стану і негативний вплив на здоров'я населення. Питанню задоволення потреб споживачів у безпечних та якісних продуктах харчування для населення потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС районах Поліського регіону присвячено багато робіт [5, 21, 23–36].

Науковці наголошують, що захворюваність населення на 50,0 % обумовлюється харчовими

продуктами, які отримані на забруднених небезпечними речовинами територіях [8]. Як зазначає Черниш Р. Ф. (2018), аналіз наявної інформації свідчить про наявність системних прогалин в ході реалізації державних заходів в сфері продовольчої безпеки, які є характерними як для Поліського регіону, так і для держави в цілому. Продовольча безпека, на думку автора, є одним із найважливіших чинників в структурі національної безпеки будь-якої держави. Наша держава стикнулася зі значними викликами в сфері належного забезпечення продовольчої безпеки [43].

Беручи до уваги вищезазначене необхідно наголосити, що існують екологорегіональні проблеми щодо якості і безпечності харчових продуктів, які споживає населення у Житомирській області. Адже північні райони області забруднені радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС, а тому питання якості і безпечності споживаних харчових продуктів є актуальним і потребує подальших моніторингових досліджень та висвітлення, як один із заходів захисту споживача.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було надати ветеринарно-санітарну оцінку харчовим продуктам і продовольчій сировині за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області.

Матеріали і методи

Матеріалом наших досліджень була звітна документація Житомирської регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби (ЖРДЛДПСС) за 2023 рік, зокрема Державних лабораторій ветеринарно-санітарної експертизи (ДЛВСЕ) на агропродовольчих ринках Житомирської області. Житомирська регіональна державна лабораторія акредитована відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019, атестат акредитації випробувальної лабораторії зареєстровано у Реєстрі за № 20731 Національним Агентством акредитації України і відповідає вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» (Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 0095 від 03.01.2023 р. термін дії до 03 січня 2028 р.). Згідно сфери акредитації кількість напрямів досліджень складає 15 та загальна кількість акредитованих показників лабораторних досліджень (випробувань) – 577. Усі прилади, що використовуються в процесі проведення досліджень (випробувань), мають простежуваність вимірювань відповідно до одиниць Міжнародної системи SI, що визначено у відповідних свідоцтвах про калібрування. Питому активність стронцію-90 в кормах, харчовій продукції та сировині визначали спектрометрично з пробопідготовкою (фізичне концентрування шляхом висушування і озонення) на Гамма-, Бета- спектрометричному комплексі “Прогрес”.

Результати та їх обговорення

Станом на 01.01.2024 року Житомирська регіональна державна лабораторія Держпродспоживслужби включає 15 відділів та 33 сертифікованих на право вимірювань Державні лабораторії ветеринарно-санітарної експертизи на агро-продовольчих ринках області.

Спеціалістами ДЛВСЕ за 2023 рік оглянуто і проведено експертиз 398417, виконано лабораторних досліджень 1089937 (табл. 1). Недопущено до реалізації всього: 67,964 т продукції та отримано 7368 незадовільних результатів досліджень, з них 37 туш, 1276 випадків інвазійних та незаразних захворювань (828 випадків ехінококозу). Як зазначають науковці, ехінококоз окрім великого економічного збитку, викликає зміну якості м'яса, знижує його харчові і смакові показники та може бути джерелом харчових токсикоінфекцій. Бактеріальне обсіменіння органів і тканин знаходиться в прямій залежності від ступеня ураження гельмінтами, що необхідно враховувати при ветеринарно-санітарній експертизі продуктів забою [20, 22], у т.ч. знешкоджено 63,032 т, в т.ч. 37 туш, інвазійні та незаразні захворювання (1,416 т), інших продуктів харчування – 61,616 т; – у т.ч. утилізовано 4,932 т (інвазійні та незаразні захворювання – 3,952 т), інших продуктів харчування – вагою 0,98 т).

Таблиця 1

Оглянуто і проведено досліджень харчових продуктів і продовольчої сировини спеціалістами ДЛВСЕ Житомирської області у 2023 році

Назва продукту	Кількість	Вага, тис. тонн
Яловичина	3441	0,32226
Свинина	33778	1,9875
Баранина	114	0,002964
Птиця	6723	0,128458
Інші види тварин (нутрії, кролі, дичина, кури, качки)	509	0,008258
Риба, рибопродукти	28883	22,15412
Яйця	5997	633,185
Молоко, молоко-продукти	80177	0,95837
Мед	297	0,015421
Рослинна продукція	97877	15,20414
Рослинні жири та інші харчові продукти	21659	1,74188
Продукція промислового виготовлення	118962	5,25911

Аналіз звітної документації встановив, що за результатами ветсанекспертизи знешкоджено / утилізовано 101 кг яловичини (по причині механічного забруднення та сумнівної свіжості), 420 кг субпродуктів (погане знекровлення, інвазійні та незаразні захворювання), 961 кг свинини (механічне забруднення, незаразні хвороби) та субпродуктів свинячих 3886 кг (аспірація легень кров'ю, погане знекровлення, інвазійні захворювання). Повернено власникам свинини 21 тушу загальною вагою 1886 кг (відсутні супровідні документи, жовтушність туші). Утилізовано 29 кг м'яса ДРХ (по причині відсутності супровідних документів) та утилізовано 2 кг печінки з причин фасціольозу.

Результатами аналізу звітної документації свідчать про те, що значну кількість субпродуктів вибраковують з причин інвазійних та незаразних захворювань. Аналогічні данні отримані нами при проведенні аналізу звітної документації ТОВ «Житомирський м'ясокомбінат», зокрема за 2021 рік вибраковано 37 т 21 кг субпродуктів ВРХ, в т.ч. печінка з причин фасціольозу та токсичної дистрофії, легені – з причин пневмонії, плевриту та аспірації кров'ю, вим'я – з причин маститу, серце – з причин міокардиту та перикардиту, язик – з причин травм [22]. За даними Бродовського В. А. (2015), при ураженні фасціольозом і дикроцеліозом тварин обсіменіння м'яса і печінки збільшується залежно від інтенсивності інвазії від 27,7 % до 77,7 %. Виділені БГКП були віднесені до сероваріантів 026, 0101 і 0111, сальмонели – до *St. paratyphi*, *St. enteritidis*, *St. typhimurium* [6].

Інших видів тварин (кролі, кури, качки) у 2023 році утилізовано 31 тушка, вагою 56 кг (погане знекровлення, виснаження, без супровідних документів). Недопущено до реалізації 947 штук яєць по причині порушення цілісності, забрудненості, порушення термінів та умов реалізації, відсутності супровідних документів.

Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власникам 1603 кг риби та рибопродуктів в зв'язку із відсутністю супровідних документів, недотриманням термінів та умов реалізації, повторна дефростація, невідповідність біохімічним показникам. Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику 43829 кг рослинницької продукції: буряк, картопля, капуста, огірки, качочок тощо по причині перевищення вмісту нітратів, незадовільних органолептичних показників.

Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику готових харчових продуктів 5553 кг (відсутність супровідних документів, невідповідність маркування, прострочений термін реалізації, порушення умов зберігання тощо).

Знешкоджено, недопущено до реалізації та повернуто власнику 392 кг інших харчових продуктів (механічні домішки, амбарні шкідники, відсутність маркування тощо).

За 2023 рік ветеринарними спеціалістами області, при забої тварин на забійно-санітарних пунктах господарств та в приватному секторі (подвірні), проведено передзабійний огляд та попередній післязабійний огляд туш: великої рогатої худоби – 2600; свиней 23202; овець, кіз – 134.

При проведенні передзабійного огляду забійних тварин та попереднього післязабійного огляду туш, інфекційних захворювань – не виявлено. Всі тварини, що забивались, направлялись з відміткою про попередній післязабійний огляд в державні лабораторії ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчі ринки області. При проведенні ветсанекспертизи м'яса гостроінфекційних захворювань не виявлено.

Аналогічні моніторингові дослідження щодо якості і безпечності м'яса тварин на території Полтавської області встановили, що впродовж

2012–2016 років було проведено 583235 експертиз продуктів забою різних видів тварин, в тому числі 1734 – були недопущені до реалізації за невідповідності вимогам діючих нормативних документів щодо якості і безпечності. Впродовж 2012–2016 років недопущено до реалізації 35,522 тони свинини, 3,723 тони яловичини, 0,064 тони баранини, 1,633 тони м'яса птиці та 0,374 тони м'яса кролів. Основними причинами, що призводили до недопущення м'яса тварин до реалізації, були невідповідність за органолептичними та біохімічними показниками [17].

Проведені нами дослідженнями, за даними звітної документації ДЛВСЕ в Житомирській області за 2021 рік недопущено до реалізації 9,8 % риби та рибопродуктів з причин порушення термінів реалізації, невідповідності документів та результатів біохімічних досліджень, повторної дефростації; 0,54 т яєць з причин порушення термінів зберігання, побитості, механічного забруднення та за результатами овоскопії; 9,218 т молока і молочної продукції з причин фальсифікації, порушення термінів реалізації, механічного забруднення, незадовільних органолептичних показників, жиру та кислотності, що не відповідали вимогам нормативних документів. Всього не допущено до реалізації 68,151 т продукції і отримано 8866 незадовільних результатів досліджень, в т. ч. 50 туш та 3305 випадків інвазійних і незаразних захворювань. За показниками безпечності з досліджених 212838 проб 47 зразках виявлено перевищення за вмістом ^{137}Cs . Найбільш небезпечними були дари лісу [31].

До продуктів першої необхідності поряд з хлібом та м'ясом відноситься молоко. За класифікацією експертів ФАО ООН воно належить до найцінніших харчових продуктів, без якого неможливо виростити повноцінне молоде покоління людей. Однак, якість і безпечність молока часто незадовільні за поганої якості кормів, недбалості під час доїння, зберігання і транспортування, незадовільного санітарного стану доїльного обладнання та недотримання правил особистої гігієни, невідповідне забезпечення засобами дезінфекцій та фільтрації, наявність маститу у корів. Отже, є ризики при виробництві сирого збірного молока [3, 4, 12, 13, 33, 37–39].

Результати власних досліджень та аналіз звітної документації ЖРДЛДПСС свідчать, що основними причинами вибраковки молока є: незадовільні органолептичні та радіометричні показники, механічне і бактеріальне забруднення, фальсифікація, домішки молока від хворих на субклінічні мастити корів, невідповідність зв вмістом жиру, рівню кислотності, порушення термінів реалізації. Результати моніторингових досліджень молока-сировини встановили низький рівень санітарної культури в господарствах усіх форм власності, наявність в молоці інгібіторів та антибіотиків [33].

Працівниками державних лабораторій ВСЕ на продовольчих ринках Житомирської області у 2023 році недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику 10272 кг молочної сировини (молоко, сметана, сир тощо) по причині: механічної забрудненості, фальсифікації, невідповідність

органолептичним та лабораторним показникам, реалізація у невідповідній тарі, без супровідних документів.

Аналогічні дослідження Бібен (2021) показали, що спеціалістами ДЛВСЕ ринку «Березінський» м. Дніпро за 2018–2020 роки було утилізовано 255 кг молока з причин: вади органолептики, високе мікробне забруднення, домішки аномального молока та різні фальсифікації (розбавлення водою, додавання інгібуючих речовин, зняття частини вершків) [2].

За результатами бактеріологічних досліджень молока і молочних продуктів, які реалізуються в торгівельній мережі м. Дніпра встановлено, що з досліджених 79 проб не відповідали нормативним вимогам 64,5 %, в тому числі 12,6 % зразків молока, 11,3 % – йогурту, 10,1 % – солодковершкового масла, 8,2 % – кисломолочного сиру, 7,6% – сметани та 6,3 % – ряжанки [39].

Як відзначають науковців, екологічна ситуація у певних регіонах України залишається несприятливою для виробництва безпечної продукції. Найбільш небезпечну і забруднену молочну продукцію отримують на забруднених радіонуклідами територіях з великими масивами лісів, перезволожених пасовищах і луках та ґрунтах бідних на поживні речовини, при випасанні худоби біля трас тощо [8, 23–30, 34–36]. Радіонуклідами, що визначають радіаційний стан на теперішній час, є ^{137}Cs і ^{90}Sr . Внаслідок міграції цих радіонуклідів по ланцюгу ґрунт – рослини – тварини – продукція, вони надходять до організму людини [5, 22–27, 34–36].

Вчені наголошують, що пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння у їжу людини продуктів харчування, що містять токсичні елементи, радіонукліди, пестициди, антибіотики та інші шкідливі речовини [7, 8, 19, 23–30, 41, 43, 45, 47]. Саме тому першочергове значення має експертиза продовольчої сировини і харчових продуктів на предмет визначення цих речовин і недопущення їх до споживання.

Динаміка виявлення зразків харчових продуктів та кормів із перевищенням ГДР-2006 на території Волинської області існує постійно, що вказує на загрозу внутрішнього опромінення місцевого населення довгоіснуючими радіонуклідами. Найвищу питому активність показали зразки м'яса – 32,2 %, дари лісу – 29,8 %, і молоко – 25,6 %. Висока питома вага дарів лісу (60,2 %) у балансі забруднених радіонуклідами харчових продуктів впродовж останнього десятиліття свідчить про необхідність посилення радіологічного контролю на ринках [5].

З досліджених 395 проб лісових грибів та ягід ДЛВСЕ в Житомирській області у 2020 році 71,8 % перевищували ДР-2006 за вмістом ^{137}Cs (з Новоград-Волинського, Смільчинського, Лугинського, Малинського, Народицького, Овруцького, Олевського районів, крім м. Житомир). Найбільш забрудненими були зразки з Народицького району, зокрема: свіжі гриби та ягоди – 2000 Бк/кг, сухі – 3450 Бк/кг. Отже, питома активність ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах залишається на високому рівні [31].

Проведений нами порівняльний статистичний аналіз звітної документації ЖРДЛДПСС, МДЛДПСС,

ДЛВСЕ за 2018–2021 рр. показав, що основним джерелом цезію-137 для населення потерпілих районів Поліського регіону були дари лісу. Зокрема у 2018 році 50 % проб сухих грибів з Овруцького району показали питому активність на рівні 2529–5000 Бк/кг (ДР – 2500 Бк/кг). 5,8 % зразків з Ємільчинського району – 2544–2923 Бк/кг, 7,2 % з Народиців – 3971– 29022 Бк/кг. За даними ДЛВСЕ не відповідали вимогам ДР – 2006 зразки свіжих грибів у Новоград-Волинську 11,6 % (866–1310 Бк/кг), Ємільчино – 8,75 % (526–894 Бк/кг) та Лугинах 1,4 % (504 Бк/кг). Питома активність зразка дичини з Овруцького району становила 464 Бк/кг, Лугинського – 634 Бк/кг і Народицького – 1531 Бк/кг (ДР – 400 Бк/кг). Питома активність за вмістом ^{137}Cs у зразках сухих грибів та ягід відповідно становила: 3 зразки Народиці 5375–16786 Бк/кг (ДР – 2500 Бк/кг). (перевищення у 2,1–6,7 разів), 2 проби Олевськ 4233 та 14250 Бк/кг (перевищення у 1,6 та 5,6 разів), 1 зразок Лугини 6670 Бк/кг (перевищення у 2,6 разів), 4 зразка Овруч 2689–4000 Бк/кг (перевищення у 1,0–1,6 разів), 3 проби Ємільчино 2608–2846 Бк/кг (перевищення у 1,0–1,1 разів) [25].

За показниками безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ^{137}Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. За 2023 рік фахівцями радіологічного відділу ЖРДЛДПСС проведено 2926 досліджень, з них на питому активність цезію-137 в харчовій продукції та продовольчій сировині –1467, стронцію – 90–1457, вище ДР-2006 не виявлено. За результатами 86 досліджень по визначенню питомої активності ^{137}Cs та стронцію в зразках молока, кормів з господарств і з сіл “жорсткого” контролю північних та південних районів області в стійловий та пасовищний періоди спектрометричним методом перевищень не виявлено. Міжрайонними лабораторіями та діагностичними відділами у 2023 році проведено 416 досліджень з визначення питомої активності радіонукліда цезію-137 з них ВДР-2006 не виявлено.

Державними лабораторіями ветеринарно-санітарної експертизи на ринках Житомирської області було досліджено 205691 зразків, перевищення за вмістом ^{137}Cs було виявлено у зразках дарів лісу відповідно до вимог Державних гігієнічних нормативів “Допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді”. В т. ч. зразки свіжих грибів у Звягельському районі, а саме: з 83 досліджених зразків перевищення встановили у 4 пробах; їх питома активність відповідно становила; 657 Бк/кг, 705 Бк/кг, 631 Бк/кг і 756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах були перевищення, їх питома активність була в межах 627,2–942,5 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг. Отже, після аварії на ЧАЕС ліси потерпілих районів Поліського регіону

залишилися радіологічним ландшафтним чинником щодо формування значних доз внутрішнього опромінення населення, адже 75-85% дози радіаційного опромінення людина отримує через споживання харчових продуктів забруднених радіонуклідами, а ситуація в лісах залишається критичною. Попри те, що лісові гриби є найбільш інтенсивними накопичувачами радіонуклідів, їх збирають і вживають.

Незважаючи на те, що постійно проводиться державний контроль на вміст залишків антибіотиків у харчових продуктах, моніторингові дослідження зразків тваринницької продукції впродовж 2017–2019 років показали, що у 2019 році перевищення були встановлені за 22 видами антибіотиків [19]. Враховуючи, що антибіотики становлять велику небезпеку, фахівці відділу ветеринарно – санітарної експертизи ЖРДЛДПСС постійно проводять дослідження і контроль за їх вмістом. За звітний період досліджено 981 проба, проведено 1569 лабораторних досліджень. Визначення антибіотиків у харчових продуктах – 645 проб, 1233 – лабораторних досліджень. Мікробіологічним методом на вміст антибіотиків у харчових продуктах та сировині проведено 994 лабораторні дослідження, 406 проб, позитивних не виявлено: м'ясо – 157 проб; субпродукти – 8 проб; м'ясопродукти – 4 проби; яйця – 19 проб; молоко та молочні вироби сухі – 41 проба; молоко та молокопродукти – 177 проб.

За імуноферментним методом досліджено 11 проб м'яса, 83 – молока та молочних продуктів, 1 зразок меду на вміст хлорамфеніколу; 38 проб молокопродуктів, 5 проб інших продуктів на вміст меламіну. Скринінговими тест-системами (Рapid – тест 4 в 1 (антибіотики груп Бета-лактами, Тетрацикліни, Стрептоміцини, Хлорамфенікол) перевірено 101 проба сирого молока. Позитивних не виявлено. На кількість соматичних клітин в сирому молоці досліджено 221 проба. Усі досліджені зразки відповідали нормативним вимогам.

Підсумовуючи результати наших досліджень необхідно зазначити, що питання якості і безпечності харчових продуктів і продовольчої сировини дуже важливе не лише для Уряду нашої країни, а й для кожного громадянина і споживача. Вирішення цієї проблеми можливе лише за взаємодії виробників, інспекторів Держпродспоживслужби та операторів ринку. Збільшення виробництва харчових продуктів та інтенсивний розвиток різних галузей харчової промисловості потребують подальшого посилення і вдосконалення контролю за якістю і безпечністю продовольчої сировини і виготовленої продукції з метою охорони здоров'я населення та раціонального використання ресурсів країни.

Висновки

1. За результатами аналізу звітної документації ЖРДЛДПСС встановлено, що у 2023 році спеціалістами ДЛВСЕ оглянуто і проведено 398417 експертиз та виконано 1089937 лабораторних досліджень. Не допущено до реалізації всього: 67,964 т та отримано незадовільних результатів досліджень 7368, в т.ч. 37 туш, 1276 випадків

інвазійних та незаразних захворювань, з яких 828 випадків. Основною причиною вибраковки субпродуктів у 2023 році були інвазійні та незаразні захворювання, які значно погіршують їх якість і безпечність після зачистки. З причин інвазійних та незаразних захворювань утилізовано 3,925 т.

2. За показниками безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів) з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ^{137}Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. Питома активність 4 проб свіжих грибів у Звягельському районі з 83 досліджених була у межах 657 Бк/кг–756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах (627,2 Бк/кг–942,5 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг.

3. Забезпечення населення Житомирської області якісними і безпечними продуктами харчування – це результат кропіткої роботи виробників, посиленого контролю на всіх етапах їх виробництва за вимогами системи НАССР на всьому харчовому ланцюгу «від ферми – до споживача» та посиленого ветеринарно-санітарного інспектування фахівцями Держпродспоживслужби і недопущення до реалізації недоброякісної та шкідливої продукції і продовольчої сировини.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на вивчення санітарної якості та біологічної цінності субпродуктів після зачистки з причин інвазійних захворювань.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Admin, O., & Admina, N. (2022). Influence of paratypical factors on milk quality indicators with different keeping methods. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 66–77. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.08>
2. Biben, I. A., & Drahun, M. K. (2021). Veteryarno-sanitarna ekspertyza moloka v umovakh derzhavnoyi laboratoriyi veteryarno-sanitarnoyi ekspertyzy rynku "Berezenskiy" mista Dnipra. *Aktualni problemy pidvyshchennya yakosti ta bezpeky vyrobnytstva y pererobky produktsiyi tvarynnytstva: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, (Dnipro, 4 chervnya 2021 roku)* (pp. 265–266). Dnipro [in Ukrainian]
3. Bogatko, N., Bogatko, L., Salata, V., Frejuk, D., & Savchuk, G. (2018). Provision of security of milk and dairy products in Ukraine's profitabilized enterprises. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 83–87. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8316>
4. Bogatko, N., Lyasota, V., Bukalova, N., Artemenko, L., Bogatko, L., Salata, V., & Dashkovskyy O. (2018). Sanitary and hygienic assessment of milk of cereal different producers in conformity with international requirements. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 88–92. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8317>

5. Boyko, P., Kurtak, B., Zinchuk, M., Pundiak, T., Panashchuk, I., Gnasyuk, R., Dudkovska, N., Thiss, M., & Komovych, L. (2017). Characteristics of long-term radionuclides of ^{137}Cs and ^{90}Sr of foods, products of animals and plants in the territory of the Volyn region after the period 1991–2016. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (78), 13–17. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7803>
6. Brodovsky, V. A. (2015). Veterinary-sanitary assessment of meat and by-products derived from slaughtered cattle affected fasciolosis and dykrotseliozom. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 17 (1), 220–226. Retrieved from: <https://nvlvet.com.ua/index.php/journal/article/view/297>
7. Bukalova, N. V., Prylipko, T. M., Bohatko, N. M., Lyasota, V. P., Dzhamil, V. I., Utechenko, M. V., & Bohatko, L. M. (2022). Sanitary and hygienic control of cow's milk production and its microbiological analysis. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 3, 119–127. <https://doi.org/10.32851/tmv-tech.2022.3.13>
8. Butsiak, V. I., & Klymenko, O. M. (2013). Zabrudnennia gruntiv ta kharchovykh produktiv radiotseziem Chornobylskoho pokhodzhennia. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. S.Z. Gzhitskoho*, 15, 55, 4, 24–29. [in Ukrainian]
9. Hadzalo, Ya. M. (2017). Vyrishennia prodovolchoi bezpeky Ukrainy v konteksti realizatsii spilnoi stratehii MEB, VOOZ ta FAO «ledyne zdorovia». *Veterynarna Medytsyna*, 103, 5–7. [in Ukrainian]
10. Hmyria, V. (2020). Problems of food market functioning in the context of provision of Ukraine's food safety. *Food Industry Economics*, 12 (1). <https://doi.org/10.15673/fe.v12i1.1664>
11. Gerun, I., Skliar, O., & Musienko, O. (2020). The influence of milk production technology on its quality and safety. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4 (51), 17–22. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2020.4.3>
12. Horyuk, Yu. V. (2016). Biotopy zolotysoho stafilokoka, yakii vydileni z moloka syroho ta yakosti nykh produktiv "domashnoho" vyrobnytstva, ta yikh chutlyvist do antibakterialnykh preparativ. *Problemy Zooinzheneriyi ta Veterynarnoyi Medytsyny*, 32 (2), 185–190. [in Ukrainian]
13. Horyuk, Yu. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Yu. B., & Horyuk, V. V. (2015). Kontrol bezpeky moloka syroho za mikrobiolohichnymy pokaznykamy na ahropromyslovykh rynkakh Ternopolya ta Kamyantsya-Podilskoho. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoyi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Gzhitskoho*, 17 (1(61)) 2, 256–260. [in Ukrainian]
14. Humeniuk, H. D., & Kiiko, V. V. (2019). Kontroliuvannia yakosti ta bezpechnosti kharchovykh produktiv u zarubizhnykh krainakh. *Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist*, 4, 24–30. [in Ukrainian]
15. Ivanishcheva, O. (2021). Analiz biolohichnykh faktoriv ryzyku yak napriamok funktsionuvannia NASSR. *Sotsialno-politychni, ekonomichni ta humanitarni vymiry yevropeiskoi intehratsii Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats IKh Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, (14-16 veresnia, 2021 r.)*, 3, 174–187. [in Ukrainian]
16. Humennyi V. D., Muzyka P. M. (2014). Stan prodovolchoi bezpeky na selennia Ukrainy na pochatku tysiacholittia. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoyi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Gzhitskoho*, 16 (1(158)) 1, 134–149. [in Ukrainian]
17. Yevstafieva, V. O., Mel'nychuk, V. V., Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., Korchan, L. M., & Kovalenko, V. O. (2018). Monitoring studies on the quality and safety of animal meat in Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 132–136. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.20>
18. Zaluzniuk, V. (2019). Assessment of the indicators of food security of Ukraine. *Investytsiyi: Praktyka ta Dosvid*, 2, 128–133. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.2.128>
19. Klyap, N. I., Krachkovska, O. O., Maslyuk, A. V., Mostipan, K. S., & Kyivska, G. V. (2020). Control of antibiotics residual amounts content in products of animal origin. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 187–193. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.23>
20. Kovalenko, V. V., Haltsev, I. V., Rud, V. O., & Tarasenko, L. O. (2021). Veteryarno-sanitarna otsinka yakosti ta bezpechnosti produktiv zaboiu za ekhinokokozu. *Suchasni aspekty likuvannia i profilaktyky khvorob tvaryn: materialy V Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii (20–21 zhovtnia 2021 r.)*, (pp. 192–194). [in Ukrainian]

21. Kondrasiy, L., & Yakubchak, O. (2016). Study of quality parameters of raw milk stability by various dairy farming practices. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (3(71)), 41–44. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7109>
22. Kotelevych, V. A., & Strubchevska, V. S. (2021). Veteryarno-sanitarna ekspertyza i vetsanotsinka produktiv zaboju VRKh v umovakh TOV «Zhytomyrskiy miasokombinat». *Suchasni aspekty likuvannya i profilaktyky khvorob tvaryn: materialy V Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii* (20–21 zhovtnia, 2021 r.), (pp. 198–200). [in Ukrainian]
23. Kotelevych, V. (2017). Veterinary and sanitary assessment of food quality and safety in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (78), 58–61. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7812>
24. Kotelevych, V. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (93), 155–159. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9327>
25. Kotelevych, V. A., Volkivskyy, I. A., & Pinsky, O. V. (2022). Porivnialnyi analiz yakosti i bezpechnosti kharchovykh produktiv u Poliskomu rehioni. *Vyrishennia suchasnykh problem u veteryarnii medytsyni: materialy VII Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii* (15–16 liutoho 2022), (pp. 16–19). [in Ukrainian]
26. Kotelevych, V., Gural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Actual problems of the quality and safety of milk and dairy products. *Naukovij Visnik Veterinarnoi Medicini*, 1 (180), 24–39. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-180-1-24-39>
27. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 72–80. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.12>
28. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). The influence of the quality and safety of food products on the health and well-being of the population. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 96–104. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.17>
29. Kotelevych, V., Volkivskyy, I., Pinsky, O., & Davydenko, L. (2021). Food quality and safety as the keys to the health of future generations. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (103), 179–186. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10325>
30. Kotelevych, V. A., Volkivskyy, I. A., Pinsky, O. V., & Davydenko, L. M. (2021). Bezpechnist kharchovykh produktiv v Poliss'komu rehioni v konteksti prodovol'choyi bezpeky. *The 2nd International scientific and practical conference – Topical issues of modern science, society and education* (September 5-7, 2021), (pp. 35–40). Kharkiv [in Ukrainian]
31. Kotelevych, V., Volkivskyy, I., Pinsky, O., Matseiko, L., Davydenko, L., & Stoliarenko, O. (2022). Veterinary and sanitary assessment of food products on quality and safety indicators in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (105), 120–128. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10517>
32. Kotelevych, V. A., Zhodzinska, O. A., & Makarenko, V. O. (2015). Bezpeka ta yakist moloka i molochnykh produktiv u Zhytomyrskomu rehioni. *Byuleten' NDTs Bezpeky ta Ekolohichnoho Kontrolyu Produktiv APK*, 3, 63–87. [in Ukrainian]
33. Malimon, Z. V., Prokopenko, T. O., Husak, L. M., Kochetova, H. S., & Davydenko, L. M. (2021). Suchasna radiatsiina zabrudnenist lisovykh produktiv u Zhytomyrskiy oblasti porivniano z 2010 rokom. *Chornobyl'ska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia: zbirnyk prats uchasykiv mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii* (22-23 kvitnia 2021 r.), (pp. 158–161). [in Ukrainian]
34. Prilipko, T., & Bukalova, N. (2016). Evaluation of quality and safety of milk on admission to molokokoperebne company from different entities. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 18 (2), 212–215. <https://doi.org/10.15421/nvlvet6747>
35. Romanchuk, L., Lopatiuk, O., & Kovalyova, S. (2019). Evaluation of the content of ¹³⁷Cs radionuclide in food products of residents of radioactively contaminated territories in the long-term period after the chernobyl accident. *Scientific Horizons*, 81 (8), 82–86. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-81-8-82-86>
36. Skydan, O., Romanchuk, L., & Dovzhenko, V. (2019). Estimation of nutritional level of rural population living on radioactively contaminated territories in the context of food safety guarantee. *Scientific Horizons*, 76 (3), 3–9. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-76-3-3-9>
37. Sklyar, O. I., & Sklyar, I. O. (2015). Vplyv tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka na yoho yakist ta bezpechnist. *Naukovo-Tekhnichnyi Biuleten Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekolohichnoho Kontrolyu Resursiv APK Dnipropetrovskoho Derzhavnogo Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 3 (3), 88–92. [in Ukrainian]
38. Sklyar, O. I., Shkromada, O. I., Herun, I. V., & Paraschenko, V. V. (2017). Sanitarno-hihienichna otsinka yakosti ta bezpechnosti moloka koriv otrymanoho za novitnikh tekhnolohiy. *Visnyk Sums'koho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya Veterynarna Medytsyna*, 11, 74–77. [in Ukrainian]
39. Scljar, T. V., Pospelova, O. O., Cherevach, N. V., Dregval, O. A., & Kuragina, N. V. (2021). Features of Microflora of Food Products of Animal Origin Realized in Dnipro. *Ukrains'kij Zhurnal Medicini, Biologii ta Sportu*, 6 (3), 353–359. <https://doi.org/10.26693/jmbs06.03.353>
40. Taran, T. V., Yakubchak, O. M., Ushkalov, V. O., Midik, S. V., & Berlous, K. O. (2021). Physicochemical and microbiological examination of raw milk. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 12(2), 26–37. <https://doi.org/10.31548/ujvs2021.02.003>
41. Tolok, G. A., & Tolok, Y. V. (2018). Environmental protection of quality and safety of foodstuffs. *Efektivna Ekonomika*, 6. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6406>
42. Sychevskyy, M. (2019). Global food security and Ukraine's place in its achievement. *Ekonomika APK*, 1, 6–17. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201901006>
43. Chernysh, R. F. (2018). Nehatyvni chynnyky, yaki pryzvodiat do znyzhennia rivnia prodovol'choi bezpeky derzhavy ta sposoby yikh podolannia (za prykladom Zhytomyrskoi oblasti). In: *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovol'cha bezpeka*. (pp. 252–255). Zhytomyr: O. O. Yevenok [in Ukrainian]
44. Yukhimenko, P., Bilkevych, V., & Mashkin, Y. (2021). Safety and quality of food products and food raw materials at the enterprise. *State and Regions. Series: Economics and Business*, 4 (121). <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-4-13>
45. Masliuk, H. D. (2020). Yakisnyi sklad i bezpechnist kharchovykh produktiv z obmezenym vmistom tranzizomeriv zhymykh kyslot. *Yakist i bezpechnist kharchovoi produktiv i syrovyny: Materialy mizhnarodnoi konferentsii*. (pp. 96–98). Lviv [in Ukrainian]
46. Gawlik, K. J., & Trafialek, J. (2019). The role of suppliers of raw materials in ensuring food safety. *Global Journal of Nutrition & Food Science*, 1 (4). <https://doi.org/10.33552/gjnf.2019.01.000517>
47. Kashparov, V., Levchuk, S., Khomutynyn, Yu., Morozova, V., & Znurba, M. (2016). Report of UIAR. *Chernobyl: 30 Years of Radioactive Contamination Legacy*. Kiev, UIAR of NUBiP of Ukraine.
48. Moradi, M., Omer, A. K., Razavi, R., Valipour, S., & Guimarães, J. T. (2021). The relationship between milk somatic cell count and cheese production, quality and safety: A review. *International Dairy Journal*, 113, 104884. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104884>
49. Rios-Muñiz, D., Cerna-Cortes, J. F., Lopez-Saucedo, C., Angeles-Morales, E., Bobadilla-del Valle, M., Ponce-de Leon, A., & Estrada-Garcia, T. (2019). Longitudinal analysis of the microbiological quality of raw cow's milk samples collected from three small family dairy farms in Mexico over a 2-year period. *Journal of Food Protection*, 82 (12), 2194–2200. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-19-155>
50. Sevi, A., Marino, R., Lorenzo, J. M., Picard, B., & Pereira, A. S. C. (2016). Strategies to Improve Meat Quality and Safety. *The Scientific World Journal*, 2016, <https://doi.org/10.1155/2016/9523621>

ORCID

- V. Kotelevych  <https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>
 O. Pinsky  <https://orcid.org/0000-0002-1978-5261>
 V. Honcharenko  <https://orcid.org/0000-0002-2183-8828>
 T. Budnik  <https://orcid.org/0000-0002-9754-3938>



© 2024 Kotelevych V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.