

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-9067-2024-27-1>

УДК 613.2:612.3:614.3

НУТРИЄНТНІ ПЕРЕВАГИ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ОСОТУ ЖОВТОГО ЯК НЕТРАДИЦІЙНОЇ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

Бомба М.Я.¹, Федина Л.О.¹, Зазуляк Т.С.²¹Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна²Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Львів, Україна

Анотація. Використання нетрадиційної рослинної сировини у технології виробництва харчових продуктів набуває сьогоденні актуальності з огляду на вміст у цих рослинах комплексу речовин, які мають харчову та біологічну цінність. До таких перспективних культур відноситься осот жовтий, листя та стебла якого здавна використовувалось у складі різноманітних страв. Рослина містить значну кількість вітаміну С, каротиноїдів, поліненасичених жирних кислот. Однак не вивченим є питання безпечності такої сировини. Зокрема, численні дані вказують, що дикорослі рослини здатні до акумуляції токсичних елементів.

Метою роботи є вивчення особливостей поживної цінності осоту жовтого та проведення експериментальних досліджень умісту есенціальних і токсичних елементів у рослинах, зібраних на територіях Львівської області України, достатньо віддалених від джерел техногенних та антропогенних забруднювачів.

Матеріали та методи. Особливості поживної цінності осоту жовтого вивчалися за даними літературних джерел. Уміст есенціальних та токсичних елементів у рослинах визначали фізико-хімічними методами, а саме: уміст арсену – фотометрично; уміст цинку, міді, мангану, кобальту, нікелю, свинцю та кадмію – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Висновки. Осот жовтий містить велику кількість поживних речовин (білків, незамінних амінокислот, жирів, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінералів), що вказує на можливість його використання у харчуванні населення. Водночас уперше підтверджено здатність осоту жовтого до акумулювання токсичних елементів, а саме свинцю та меншою мірою кадмію, із ґрунтів екологічно безпечних територій, та порушено питання запровадження запобіжних заходів безпеки під час використання осоту жовтого в харчуванні населення, одним з яких є посилений контроль за вмістом свинцю та кадмію у наземних частинах рослини. Перспектива дослідження полягає у проведенні експерименту протягом кількох вегетаційних сезонів з аналізом усіх стадій росту рослини, включаючи стадію цвітіння, що є необхідним для визначення накопичення та переміщення забруднюючих речовин у тканинах рослин протягом їхнього життєвого циклу.

Ключові слова: осот жовтий, харчова та біологічна цінність, токсикологічні ризики, есенціальні та токсичні мікроелементи.

Вступ. Тенденція використання нетрадиційної сировини у технологіях харчових виробництв щораз зростає та сприяє розширенню асортименту інноваційних продуктів харчування рослинного походження, у тому числі спеціального призначення [1; 3; 12; 14; 15]. Харчова і біологічна цінність дикорослої рослинної сировини залежить від хімічного складу наявних діючих речовин. Аналіз літературних даних щодо вітчизняних і світових надбань у сфері виробництва нових видів харчових продуктів із використанням нетрадиційних рослинних інгредієнтів указує на те, що більшість дикоростучих рослин містить комплекс біологічно активних речовин, зокрема полісахаридів, флавоноїдів, органічних та жирних кислот, ефірних олій, вітамінів тощо [9; 10; 11; 24].

Сучасні вимоги до створення новітніх харчових продуктів, які використовуються у харчуванні людини, спонукають учених усього світу розробляти екологічно безпечні продукти, які можуть поповнювати людський організм біологічно активними речовинами, мікро- і макроелементами та здатні до швидкої безпечної деструкції в організмі під впливом специфічних чинників [23; 25; 26]. Водночас суттєво збільшилася кількість досліджень, пов'язаних із вивченням нагромадження у сировині рослинного походження есенціальних і токсичних мікроелементів, у тому числі у дикорослій [13; 19; 32–34].

У цьому контексті вітчизняними науковцями проводиться пошук нових джерел біологічно активних сполук, зростає інтерес науковців до дослідження рослин флори України. До таких перспективних культур належить осот жовтий (*Sonchus oleraceus*) родини айстрових (*Asteraceae*) або складноцвітих (*Compositae*), який поширений на більшій частині Європи і Північної та Близької Азії [6]. Молоде листя й стебла осоту жовтого використовують здавна як сировину для приготування салатів, овочевого пюре та приправи до юшок, рису, плову, м'ясних солянок [9].

Незважаючи на те що ця рослина вважається бур'яном, потенційні поживні та лікувальні властивості видів *Sonchus* (Осот) є набагато кращими, ніж багатьох інших листових овочів. Уміст вітаміну С коливається від 250 до 670–779 мг/кг. Споживання мінімум 77 г листя *S. oleraceus* на день забезпечує рекомендований добовий рівень вітаміну С. Загальний уміст каротиноїдів коливався від 158 до 240 мг/кг. Усі види *Sonchus* містять велику кількість жирних кислот, включаючи поліненасичені жирні кислоти. Уміст лінолевої та ліноленової кислот у *S. oleraceus* становить 44,37% та 43,58% відповідно. Цей вид дикоростучої рослини має цінні антиоксидантні та лікувально-оздоровчі властивості. Серед основних груп біологічно активних речовин у траві роду *Sonchus* флори України виявлено низку антиоксидантів, включаючи флавоноїди, фенольні сполуки, каротиноїди, хлорофіли [17]. Поліфеноли є основними сполуками рослинного походження з антиоксидантною активністю. *Sonchus oleraceus* можна розглядати як потенційне джерело природних антиоксидантів і може бути рекомендований для включення в раціон дієтичного харчування населення [18]. Листя *S. oleraceus* містять значну кількість білків, жирів, вуглеводів і загалом низький рівень алкалоїдів, сапонінів. Рослина також володіє високою біологічною активністю через її антибактеріальну властивість, що має лікувальне значення [27; 28].

Разом із тим рослини роду *Sonchus* здатні накопичувати у вегетативних органах токсичні елементи [21; 31]. Однак здатність осоту жовтого (*Sonchus oleraceus*) до акумуляції токсичних елементів досліджено ще недостатньо [16], що і визначило наукове та практичне значення дослідження [2].

Мета дослідження – вивчення особливостей поживної цінності осоту жовтого та експериментальні дослідження вмісту есенціальних та токсичних елементів у рослинах, зібраних на територіях Львівської області України, достатньо віддалених від джерел техногенних та антропогенних забруднювачів.

Матеріали та методи. Особливості поживної цінності осоту жовтого вивчалися за даними літературних джерел. Експериментальні дослідження вмісту есенціальних та токсичних елементів у рослині проводили фізико-хімічними методами, а саме: уміст арсену – фотометрично (ДСТУ ISO 6634:2005), уміст цинку, міді, мангану, кобальту, нікелю, свинцю та кадмію – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії з атомізацією в ацетиленовому полум'ї (ДСТУ EN 14082:2019) [4; 5]. Зразки для аналізу готували відповідно до ДСТУ 7670:2014 методом сухої мінералізації, який полягає у повному розкладанні органічної речовини шляхом спалювання зразка в електропечі. Далі мінеральний залишок розчиняли в розчині нітратної кислоти та проводили вимірювання. Контрольні (холості) розчини готували одночасно та аналогічно з пробами шляхом обробки реактивів. Усього було проаналізовано три серії рослин, зібраних на різних територіях Львівської області України – у кожній серії по 5 рослин, що проростали поряд. Для досліджень відбирали надземну частину рослин (не нижче ніж 10 см над поверхнею ґрунту) та поміщали в пластикові контейнери для транспортування. Рослини аналізували свіжозібраними – для уникнення втрат вологи, період часу між моментом збору та початком аналізу проб не перевищував 2 годин.

Дані вимірювань представляли як середнє значення результату у серії та зазначали сумарну розширену невизначеність в абсолютних одиницях (коефіцієнт охоплення рівний 2 за довірчої ймовірності $P = 0,95$).

Результати дослідження. Рослинна їжа вважається хорошим джерелом білка, якщо за рахунок цього нутрієнта забезпечується понад 12% її калорійності. Згідно з літературними даними [27; 30], відсотковий уміст води, золи, протеїну, ліпідів, харчових волокон та вуглеводів у листках осоту жовтого становить 85,4; 14,3; 17,5; 7,0; 46,0 та 15,3% відповідно, тоді як його теплотворна здатність становить 317,3 Ккал/100 г. Елементний аналіз у мг/100 г рослини показав, що листя *S. oleraceus* містить натрій (0,05), калій (4,558), кальцій (2,992), магній (0,61), залізо (139), цинк (30), фосфор (0,352), мідь (13), марганець (191) і азот (2,8) Співвідношення Na/K в організмі має велике значення для профілактики високого кров'яного тиску. Рекомендується співвідношення Na/K менше одиниці. Таким чином, споживання *S. oleraceus*, може бути ефективною дієтичною добавкою у харчуванні людини. Але *Sonchus oleraceus*, будучи дикорослою рослиною, може проявляти значну генетичну мінливість і демонструвати більшу варіативність щодо хімічного складу та харчової цінності. Окрім того, на склад поживних речовин у представниках роду *Sonchus* впливають такі характеристики, як вік, зрілість, вид, сорт, форма вирощування; екологічні чинники (клімат, тип ґрунту, кількість опадів, сезон); період і умови зберігання та транспортування, методи приготування й обробки [29]. Як показали результати проведених досліджень (табл. 1), накопичення есенціальних елементів в осоті жовтому є нерівномірним. Відмінності між ступенем накопичення одних і тих самих елементів зразками осоту, який зібрано в різних місцевостях Львівської області, можна пояснити різними видами ґрунтів, на яких проростали рослини [29]. Це корелює з висновками про те, що накопичення важких металів у наземних частинах рослини можна оцінювати як функцію географічного розташування місцевостей її проростання, які відрізняються за типом ґрунтів [32].

Відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1073 від 03.09.2017, добова потреба дорослого населення у мінеральних речовинах, а саме цинку, становить 10–12 мг залежно від статі людини, міді – 1,0 мг, марганцю – 2,0 мг, кобальту – 0,05–0,1 мг [8]. Порівнюючи отримані дані з наведеними цифрами, слід сказати, що осот жовтий можна розглядати як джерело збагачення організму цинком, міддю та манганом.

Таблиця 1

Уміст есенціальних мікроелементів в осоті жовтому

Назва показника	Визначений уміст та невизначеність результату вимірювання (U), мг/кг		
	Серія 1 (село Солонка)	Серія 2 (село Давидів)	Серія 3 (місто Дубляни)
Цинк	5,03 (1,23)	1,99 (0,49)	4,9 (1,23)
Мідь	0,83 (0,21)	0,55 (0,14)	1,90 (0,48)
Манган	5,46 (1,37)	2,71 (0,68)	6,84 (1,71)
Кобальт	2,1 (0,51)	0,3 (0,08)	1,73 (0,43)

Попри високу поживну цінність осот жовтий, згідно з даними деяких наукових джерел, здатний накопичувати іони важких металів та проявляти гіперакумулятивну активність по відношенню до Cd та Pd [20; 22]. Осот жовтий застосовують для фітореMediaції забруднених свинцем придорожніх ґрунтів і, таким чином, відновлення придорожньої рослинності [35]. Зазначається, що для проведення досліджень використовували рослину, яка проростала на забруднених ділянках, або пересаджували її у ґрунт із підвищеним умістом Pd чи Cd для визначення накопичення та переміщення забруднюючих речовин у тканинах рослини.

Результати проведених нами вимірювань умісту токсичних елементів в осоті жовтому, який зібраний на територіях, достатньо віддалених від джерел техногенних та антропогенних забруднювачів, наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Уміст токсичних елементів в осоті жовтому

Назва показника	Визначений уміст та невизначеність результату вимірювання (U), мг/кг		
	Серія 1 (село Солонка)	Серія 2 (село Давидів)	Серія 3 (місто Дубляни)
Свинець	4,82 (1,2)	2,23 (0,56)	3,7 (0,93)
Кадмій	0,42 (0,11)	0,08 (0,02)	0,30 (0,08)
Нікель	0,52 (0,13)	0,35 (0,09)	2,22 (0,56)
Арсен	не виявлено (<0,05)*	не виявлено (<0,05)*	не виявлено (<0,05)*

Примітка. * – нижче межі кількісного визначення (LOQ) методики

Ураховуючи те, що осот не є традиційним харчовим продуктом, допустимий безпечний уміст контамінантів у цій рослині не нормується. У цьому разі можна вважати найближчим аналогом, за способом споживання людиною та призначенням, дієтичні добавки. Вимогами Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 368 від 13.05.2013 у дієтичних добавках регламентується допустимий уміст свинцю на рівні 3,0 мг/кг та кадмію – на рівні 1,0 мг/кг [7]. Як видно з табл. 2, рівні вмісту цих елементів (рівні свинцю перевищують, кадмію – є близькими до допустимого рівня) вказують на здатність осоту жовтого до їх накопичення та на потенційну небезпеку споживання цієї рослини у складі харчових продуктів, що корелює з даними попередньо наведених досліджень [20; 22; 35] і, ймовірно, може призвести до небезпеки передачі їх до харчового ланцюга людини.

Висновки. Осот жовтий (*Sonchus oleraceus*) – дикоросла трава, яка містить велику кількість поживних речовин (білків, незамінних амінокислот, жирів, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінералів), що вказує на можливість її використання у харчуванні населення. Водночас уперше підтверджено здатність осоту жовтого до акумулювання токсичних елементів, а саме свинцю та меншою мірою кадмію, із ґрунтів екологічно безпечних територій, та порушено питання запровадження запобіжних заходів безпеки під час використання осоту жовтого в харчуванні населення, одним з яких є посилений контроль за вмістом свинцю та кадмію у наземних частинах рослини.

Перспектива дослідження полягає у проведенні експерименту протягом кількох вегетаційних сезонів з аналізом усіх стадій росту рослини, включаючи стадію цвітіння, що є необхідним для визначення накопичення та переміщення забруднюючих речовин у тканинах рослин протягом їхнього життєвого циклу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бомба М.Я., Івашків Л.Я. Здорове харчування як стратегічний ресурс національної безпеки України. *Вісник НАН України*. 2013. № 6. С. 32–41. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/67484>.
2. Бомба М.Я., Федина Л.О. Використання осоту жовтого (*sonchus arvensis*) в харчуванні людини. *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини* : матеріали X Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конф. Прага : Oktan Print s.r.o., 2023. 49–50. DOI: 10.46489/ФАНМ-23-25.
3. Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С.П. Позняка. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с.
4. Державний науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Консервпром-комплекс». ДСТУ ІСО 6634:2004 Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту миш'яку спектрометричним методом із застосуванням діетилдитіокарбамату срібла (ІСО 6634:1982, ІДТ). Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 7 с.
5. Європейський комітет зі стандартизації. ДСТУ EN 14082:2019. Продукти харчові. Визначення вмісту свинцю, кадмію, цинку, міді, заліза та хрому методом атомно-абсорбційної спектрометрії (ААС) після сухого озолення (EN 14082:2003, ІДТ). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 17 с.

6. Жовтий осот городній. Лікарські рослини : енциклопедичний довідник / за ред. А.М. Гродзінського. Київ : Олімп, 1992. С. 163.

7. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.05.2013 № 368. *Офіційний вісник України*. 2013. № 42. С. 154. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#top>.

8. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 03.09.2017 № 1073. *Офіційний вісник України*. 2017. № 87. С. 72. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>.

9. Рева М.Л., Рева Н.Н. Дикі їстівні рослини України. Київ : Наукова думка, 1976. 165 с.

10. Сімахіна Н.О., Науменко Н.О. Доцільність використання лікарських трав у харчовій промисловості. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2019. Т. 30(69). Ч. 2. № 6. С. 140–145. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.6-2/25.

11. Скибіцька М. Лікарські рослини Українських Карпат. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка*. 2023. Т. XII. С. 316–324. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73763>.

12. Тищенко В.І., Божко Н.В. Аналіз сучасних трендів у виробництві безалкогольних напоїв із використанням нетрадиційної рослинної сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 1. С. 114–124. DOI: 10.32851/tnv-tech.2023.1.12.

13. Титаренко О.М. Еколого-фітоценотична оцінка природних кормових угідь в умовах техногенного навантаження Лісостепу Правобережного : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 196 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/30314.pdf>.

14. Технології продуктів оздоровчого харчування : монографія / М.Я. Бомба та ін. ; за заг. ред. М.Я. Бомби. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2023. 338 с.

15. Чумак І.В. Основні тренди розвитку харчових інновацій у контексті українського та світового державотворення. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія «Публічне управління та адміністрування»*. 2022. Т. 33(72). С. 11–18. DOI: 10.32838/TNU-2663-6468/2022.1/03.

16. Abdelgawad Z.A., Abd El-Wahed M.N., Ahmed A.A., Seliem M. Madbouly, Gharieb S. El-Sayyad and Ahmed A. Khalafallah. Assessment of heavy metal accumulation and health risk in three essential edible weeds grown on wastewater irrigated soil. *Sci Rep*. 2023. 13, 21768. DOI: 10.1038/s41598-023-48763-5.

17. Ahmad F., Abdallah El.T., Mohammad Kamil. Scientific studies on aerial parts of *Sonchus oleraceus* Linn. *Arabian Journal of Medicinal Aromatic Plants*. AJMAP. 2021. Vol. 7(2). P. 196–214. DOI: 10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v7i2.26287.

18. Alpınar K., Ozyurek M., Kolak U., Guclu K., Aras C., Altun M., Celik S.E., Berker K.I., Bektasoglu B., Apak R. Antioxidant capacities of some food plants widely grown in Ayvalik of Turkey. 2009. *Food Sci. Technol. Res*. 15(1). P. 59–64. DOI: 10.3136/fstr.15.59.

19. Asgari Lajayer B., Ghorbanpour M., Nikabadi S. Heavy metals in contaminated environment: Destiny of secondary metabolite biosynthesis, oxidative status and phytoextraction in medicinal plants. 2017. *Ecotox. Environ. Safe*. Vol.145. P. 377–390. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.035.

20. Aspasia Grammenou, Spyridon A. Petropoulos, Vasileios Antoniadis. Bioavailability of Cd in *Plantago weldenii* and *Sonchus oleraceus* Plants: The Effects of a Humic and Fulvic Acids-Based Biostimulant. 2024. *Horticulturae*. 10. 1, 74. DOI: 10.3390/horticulturae10010074.

21. Chaplygin V., Mandzheva S., Minkina T., Sushkova S. Accumulating capacity of herbaceous plants of the Asteraceae and Poaceae families under technogenic soil pollution with zinc and cadmium. 2020. *Eurasian J Soil Sc*. 9 (2). P. 165–172. DOI: 10.18393/ejss.707659.

22. Chunqiao Xiao, Shuyu Guo, Qi Wang, Ruan Chi. Enhanced reduction of lead bioavailability in phosphate mining wasteland soil by a phosphate-solubilizing strain of *Pseudomonas* sp., LA, coupled with ryegrass (*Lolium perenne* L.) and sonchus (*Sonchus oleraceus* L.). 2021. *Environmental Pollution*. 274, 116572. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116572.

23. Crist E., Mora C., Engelman R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. 2017. *Science*. 356. P. 260–264. DOI: 10.1126/science.aal2011.

24. Djurupova B., Samatova G., Sheinshenbekkizi N., Aisuluu Duishebaeva, Junko Ishikawa. Use of wild-raw raw materials of the KR to develop new food products with increased biological value. 2019. *Science. Business. Society*. 4(3). P. 86–90. URL: <https://stumejournals.com/journals/sbs/2019/3/86>.

25. Fakhar Islam, Farhan Saeed, Muhammad Afzaal, Aftab Ahmad, Muzzamal Hussain, Muhammad Armghan Khalid, Shamaail A. Saewa, Ashraf O. Khashroum. Applications of green technologies-based approaches for food safety enhancement: A comprehensive review. *Food Sci Nutr*. 2022. 10(9). P. 2855–2867. doi: 10.1002/fsn3.2915.
26. Fanzo Jessica, Alexandra L. Bellows, Marie L. Spiker, Andrew L. Thorne-Lyman, and Martin W. Bloem. The importance of food systems and the environment for nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2021. 113(1). P. 7–16. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa313.
27. Florence O. Jimoh, Adeolu A. Adedapo and Anthony J. Afolayan. Comparison of the Nutritive Value, Antioxidant and Antibacterial Activities of *Sonchus asper* and *Sonchus oleraceus*. 2011. *Rec. Nat. Prod.* 5:1 29–42. URL: https://acgpubs.org/doc/201808061452554_RNP-1002-186.pdf.
28. Guil-Guerrero José Luis, Antonio Giménez-Giménez, Iganacio Rodríguez-García, María Esperanza Torija-Isasa. Nutritional composition of *Sonchus* species (*Sonchus Oleraceus* L, *Sonchus Asper* L i *Sonchus Tenerrimus* L). *Journal of Science and Food Agriculture*. (1998). Vol. 76, 4. P. 628–632. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199804)76:4<628: AID-JSFA997>3.0.CO;2-U.
29. Kinupp VF, Barros IBI. Teores de proteína e mineralis de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. (2008). 28(4). P. 846–857. DOI: 10.1590/S0101-20612008000400013.
30. Martirosyan, D., Lampert, T., Ekblad, M. Classification and regulation of functional food proposed by the Functional Food Center. *Functional Food Science*. 2022. 2(2), P. 25–46. DOI: 10.31989/ffs.v2i2.890.
31. Nikolić Magdalena, Stevović Svetlana. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2015. 14 (4). P. 782–789. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.08.002.
32. Porębska G., Ostrowska A. Heavy Metal Accumulation in Wild Plants: Implications for Phytoremediation. *Polish Journal of Environmental Studies*. 1999. Vol. 8 (6). 433–442. URL: <https://www.pjoes.com/Heavy-Metal-Accumulation-in-Wild-Plants-Implications-for-Phytoremediation,87268,0,2.html>.
33. Prabha K. Padmavathiamma-Loretta Y.Li. Phytoremediation Technology: Hyper-Accumulation Metals in Plants. *Water Air and Soil Pollution*. 2007. 184. P. 105–126. DOI: 10.1007/s11270-007-9401-5.
34. Tóth G., Hermann T., Da Silva M., Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*. 2016. 88. P. 299–309. DOI: 10.1016/j.envint.2015.12.017.
35. Zhi-Ting Xiong. Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Environmental Pollution*. 1997. 97(3). P. 275–279. DOI: 10.1016/S0269-7491(97)00086-9.

REFERENCES

1. Bomba, M.Ya., & Ivashkiv, L.Ia. (2013). Zdorove kharchuvannia yak stratehichniy resurs natsionalnoi bezpeky Ukrainy [Healthy nutrition as a strategic resource of Ukraine's national security]. *Visnyk NAN Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 6, 32–41. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/67484>. [in Ukrainian].
2. Bomba, M.Ya., & Fedyna, L.O. (2023). Vykorystannia osotu zhovtoho (*sonchus arvensis*) v kharchuvanni liudyny [The use of yellow thistle (*sonchus arvensis*) in human nutrition]. *Materialy X Mizhnarodnoi nauk.-prakt. internet-konf. «Kharchovi dobavky. Kharchuvannia zdorovoi ta khvoroi liudyny» – Proceedings of the X International Scientific and Practical Internet-Conference «Nutritional supplements. Nutrition of a healthy and sick person»* (pp. 49–50). Praha: Oktan Print s.r.o. DOI: 10.46489/FAHM-23-25. [in Ukrainian].
3. Pozniak, S.P. (Eds). (2019). *Grunty Lvivskoi oblasti [Lands of the Lviv region]*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka. [in Ukrainian].
4. Fruky, ovochi ta produkty pereroblennia. Vyznachennia vmistu myshiaku spektrometrychnym metodom iz zastosuvanniam dietyldytiokarbamatu sribla [Fruits, vegetables and processed products. Determination of arsenic content by spectrometric method using silver diethyldithiocarbamate]. (2006). DSTU ISO 6634:2004 from 01th May2006. *Kyiv: Derzhstandart Ukraine* [in Ukrainian].

5. Produkty kharchovi. Vyznachennia vmistu svyntsiu, kadmiu, tsynku, midi, zaliza ta khromu metodom atomno-absorbtsiinoi spektrometrii (AAS) pislia sukhooho ozolennia [Food products. Determination of the content of lead, cadmium, zinc, copper, iron and chromium by the method of atomic absorption spectrometry (AAS) after dry ashing]. (2019). *DSTU EN 14082:2019 from 01 September 2019*. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
6. Hrodzinskyi, A.M. (Eds). (1992). *Zhovtyi osot horodnii. Likarski roslyny: entsyklopedychnyi dovidnyk* [Yellow garden thistle. Medicinal plants: an encyclopedic guide]. Kyiv: Vydavnytstvo «Ukrainska Entsyklopediia» im. M.P. Bazhana, Ukrainyskyi vyrobnycho-komertsiiynyi tsentr «Olimp» [in Ukrainian].
7. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hiihienichnykh pravyl i norm «Rehlament maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh» vid 13.05.2013 № 368 [Order of the Ministry of Health of Ukraine On Approval of the State Hygienic Rules and Norms «Regulation of Maximum Levels of Certain Pollutants in Food Products» dated 05.13.2013 No. 368]. *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy – Official Gazette of Ukraine*, 2013. 42. P. 154. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#top>. [in Ukrainian].
8. Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy «Pro zatverdzhennia Norm fiziologichnykh potreb naselennia Ukrainy v osnovnykh kharchovykh rehovynakh i enerhii vid 03.09.2017 № 1073. [Order of the Ministry of Health of Ukraine «On Approval of the Norms of the Physiological Needs of the Population of Ukraine in Basic Nutrients and Energy»: dated September 3, 2017 No. 1073]. *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy – Official Gazette of Ukraine*, 2017. 87. P. 154. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#top>. [in Ukrainian].
9. Reva, M.L., & Reva N.N. (1976). *Dyky yistivni roslyny Ukrainy [Wild edible plants of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
10. Simakhina, N.O., & Naumenko, N.O. (2019). Dotsilnist vykorystannia likarskykh trav u kharchovii promyslovosti [The feasibility of using medicinal herbs in the food industry]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Serii: tekhnichni nauky – Scientific notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: technical sciences*, 30 (69), 2, No. 6. 140–145. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.6-2/25. [in Ukrainian].
11. Skybitska, M. (2023). Likarski roslyny Ukrainyskykh Karpat [Medicinal plants of the Ukrainian Carpathians]. *Pratsi Naukovoho tovarystva im. Shevchenka – Proceedings of the Scientific Society named after Shevchenko*, XII, 316–324. Retrieved from <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/73763>. [in Ukrainian].
12. Tyshchenko, V.I., & Bozhko, N.V. (2023). Analiz suchasnykh trendiv u vyrobnytstvi bezalkoholnykh napoiv iz vykorystanniam netradytsiinoi roslynnoi syrovyny [Analysis of modern trends in the production of non-alcoholic beverages using non-traditional plant raw materials]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky – Taurian Scientific Herald. Series: Technical sciences*, 1, 114–124. DOI: 10.32851/tnv-tech.2023.1.12. [in Ukrainian].
13. Titarenko, O.M. (2021). *Ekoloho-fitotsenotychna otsinka pryrodnykh kormovykh uhid v umovakh tekhnohennoho navantazhennia Lisostepu Pravoberezhnoho: Monohrafiia [Ecological and phytocenotic evaluation of natural fodder lands in conditions of man-made load of the Right Bank Forest Steppe: Monograph]*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian].
14. Bomba, M.Ya., Pandiak, I.H., Maikova S.V. et al. (2023). *Tekhnologii ozdorovchoho kharchuvannia: monohrafiia [Technologies of health food products: monograph]* M. Ya. Bomba (Ed.). Lviv: Publication of Ivan Franko Lviv National University [in Ukrainian].
15. Chumak, I.V. (2022). Osnovni trendy rozvytku kharchovykh innovatsii u konteksti ukrainskoho ta svitovoho derzhavotvorenna [The main trends in the development of food innovations in the context of Ukrainian and world state formation]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Serii: Publichne upravlinnia ta administruvannia – Academic notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: Public management and administration*, 33 (72), 11–18. DOI: 10.32838/TNU-2663-6468/2022.1/03. [in Ukrainian].
16. Abdelgawad, Z.A., Abd, El-Wahed M.N., Ahmed, A.A., Seliem, M. Madbouly, Gharieb S. El-Sayyad, Ahmed, A. & Khalafallah. (2012). Assessment of heavy metal accumulation and health risk in three essential edible weeds grown on wastewater irrigated soil. *Sci Rep.* 13, 21768. DOI: 10.1038/s41598-023-48763-5.

17. Ahmad F., Abdallah El.T., & Mohammad Kamil. (2021). Scientific studies on aerial parts of *Sonchus oleraceus* Linn. *Arabian Journal of Medicinal Aromatic Plants*. AJMAP. Vol. 7(2), 196–214. DOI: 10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v7i2.26287.
18. Alpınar, K., Ozyurek, M., Kolak, U., Guclu, K., Aras, C., Altun, M. et al. (2009). Antioxidant capacities of some food plants widely grown in Ayvalik of Turkey. *Food Sci. Technol. Res.* 15(1), 59–64. DOI: 10.3136/fstr.15.59.
19. Asgari, Lajayer B., Ghorbanpour, M., & Nikabadi, S. (2017). Heavy metals in contaminated environment: Destiny of secondary metabolite biosynthesis, oxidative status and phytoextraction in medicinal plants. *Ecotox. Environ. Safe.* Vol. 145, 377–390. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.035.
20. Aspasia, Grammenou, Spyridon, A., Petropoulos, Vasileios, & Antoniadis. (2024). Bioavailability of Cd in *Plantago weldenii* and *Sonchus oleraceus* Plants: The Effects of a Humic and Fulvic Acids-Based Biostimulant. *Horticulturae*. 10, 1, 74. DOI: 10.3390/horticulturae10010074.
21. Chaplygin, V., Mandzhieva S., Minkina T., & Sushkova S. (2020). Accumulating capacity of herbaceous plants of the Asteraceae and Poaceae families under technogenic soil pollution with zinc and cadmium. *Eurasian J Soil Sc.* 9 (2), 165–172. DOI: 10.18393/ejss.707659.
22. Chunqiao, Xiao, Shuyu, Guo, Qi Wang, Ruan, Chi. (2021). Enhanced reduction of lead bioavailability in phosphate mining wasteland soil by a phosphate-solubilizing strain of *Pseudomonas* sp., LA, coupled with ryegrass (*Lolium perenne* L.) and sonchus (*Sonchus oleraceus* L.). *Environmental Pollution*. 274, 116572. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116572.
23. Crist, E, Mora, C, & Engelman, R. (2017). The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*. 356, 260–264. DOI: 10.1126/science.aal2011.
24. Djurupova, B., Samatova, G., Sheinshenbekkizi, N., Aisuluu, Duishebaeva, & Junko, Ishikawa. (2019). Use of wild-raw raw materials of the KR to develop new food products with increased biological value. *Science. Business. Society*. 4(3), 86–90. URL: <https://stumejournals.com/journals/sbs/2019/3/86>.
25. Fakhar, Islam, Farhan, Saeed, Muhammad, Afzaal, Aftab, Ahmad, Muzzamal, Hussain, & Muhammad, Armghan Khalid et al. (2022). Applications of green technologies-based approaches for food safety enhancement: A comprehensive review. *Food Sci Nutr*. 10(9), 2855–2867. doi: 10.1002/fsn3.2915.
26. Fanzo, Jessica, Alexandra, L., Bellows, Marie L., & Spiker, Andrew L Thorne-Lyman, and Martin W Bloem. (2021). The importance of food systems and the environment for nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 113(1), 7–16. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa313.
27. Florence, O., Jimoh, Adeolu, A., Adedapo & Anthony, J., Afolayan. (2011). Comparison of the Nutritive Value, Antioxidant and Antibacterial Activities of *Sonchus asper* and *Sonchus oleraceus*. *Rec. Nat. Prod.* 5:1, 29–42. Retrieved from https://acgpubs.org/doc/201808061452554_RNP-1002-186.pdf.
28. Guil-Guerrero José Luis, Antonio Giménez-Giménez, Iganacio Rodríguez-García, & María Esperanza Torija-Isasa. (1998). Nutritional composition of *Sonchus* species (*Sonchus Oleraceus* L, *Sonchus Asper* L i *Sonchus Tenerrimus* L). *Journal of Science and Food Agriculture*. Vol. 76, 4, 628–632. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199804)76:4<628:AID-JSFA997>3.0.CO;2-U.
29. Kinupp, VF, & Barros, IBI. (2008). Teores de proteína e mineralis de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 28(4), 846–857. DOI: 10.1590/S0101-20612008000400013.
30. Martirosyan, D., Lampert, T., & Ekblad, M. (2022). Classification and regulation of functional food proposed by the Functional Food Center. *Functional Food Science*. 2(2), 25–46. DOI: 10.31989/ffs.v2i2.890.
31. Nikolić Magdalena, & Stevović Svetlana (2015). Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*. 14 (4), 782–789. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.08.002.
32. Porębska, G., & Ostrowska, A. (1999). Heavy Metal Accumulation in Wild Plants: Implications for Phytoremediation. *Polish Journal of Environmental Studies*. 8 (6), 433–442. Retrieved from <https://www.pjoes.com/Heavy-Metal-Accumulation-in-Wild-Plants-Implications-for-Phytoremediation,87268,0,2.html>.
33. Prabha, K., & Padmavathiamma-Loretta, Y.Li. (2007). Phytoremediation Technology: Hyper-Accumulation Metals in Plants. *Water Air and Soil Pollution*. 184, 105–126. DOI: 10.1007/s11270-007-9401-5.

34. Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M., & Montanarella L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*. 88, 299–309. DOI: 10.1016/j.envint.2015.12.017.
35. Zhi-Ting, Xiong (1997). Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Environmental Pollution*. 97(3), 275–279. DOI: 10.1016/S0269-7491(97)00086-9.

NUTRITIONAL ADVANTAGES AND TOXICOLOGICAL RISKS OF USING YELLOW THISTLE AS A NON-TRADITIONAL FOOD RAW MATERIAL

Bomba M.Ya., Fedyna L.O., Zazulyak T.S.

Abstract. The use of non-traditional plant raw materials in the technology of food production is gaining relevance today due to the content in these plants of a complex of substances that have nutritional and biological value. Such promising crops include yellow thistle, the leaves and stems of which have long been used in various dishes. The plant contains a significant amount of vitamin C, carotenoids, and polyunsaturated fatty acids. However, the issue of safety of such raw materials is not studied. In particular, numerous data indicate that wild plants are capable of accumulating toxic elements.

The purpose of the work was to study the features of the nutritional value of yellow thistle and to conduct experimental studies of the content of essential and toxic elements in plants collected in the territories of the Lviv region of Ukraine, sufficiently distant from the sources of technogenic and anthropogenic pollutants.

Materials and methods. Features of the nutritional value of yellow thistle were studied according to literature sources. The content of essential and toxic elements in the plants was determined by physicochemical methods, namely, the content of arsenic - photometrically; the content of zinc, copper, manganese, cobalt, nickel, lead and cadmium – by the method of atomic absorption spectrophotometry.

Conclusions. Yellow thistle contains a large amount of nutrients (proteins, essential amino acids, fats, polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals), which indicates the possibility of its use in population nutrition. At the same time, the ability of yellow thistle to accumulate toxic elements, namely lead and, to a lesser extent, cadmium, from the soils of ecologically safe territories was confirmed for the first time, and the issue of introducing safety precautions when using yellow thistle in food was raised, one of which is increased control over content of lead and cadmium in the above-ground parts of the plant. The prospects of the research are to conduct an experiment during several growing seasons with the analysis of all stages of plant growth, including the flowering stage, which is necessary to determine the accumulation and movement of pollutants in plant tissues during their life cycle.

Key words: yellow thistle, nutritional and biological value, toxicological risks, essential and toxic trace elements.

Бомба Мирослав Ярославович <https://orcid.org/0000-0001-7865-2111>

Федина Лариса Олександрівна <https://orcid.org/0000-0001-6597-674X>

Зазуляк Тетяна Степанівна <https://orcid.org/0000-0001-5896-0475>

Надійшла до редакції / Receiv: 03.07.2024