



UDC 604.4:664

## THE CONTENT OF ESSENTIAL AND TOXIC MICROELEMENTS IN NETTLE DIOECIOUS IN THE ASPECT OF USING THE PLANT AS A FOOD RAW MATERIAL

Myroslav Y. Bomba<sup>1</sup>, Tetyana S. Zazulyak<sup>2</sup>, Ihor V. Zhytnetskyi<sup>3</sup>, Larysa O. Fedyna<sup>1</sup><sup>1</sup>Ivan Franko Lviv National University, str. 1 University Street, Lviv, 79000, Ukraine<sup>2</sup>Lviv national medical university named after Danylo Halytskyi, str. 69, Pekarska Street, Lviv, 79010, Ukraine<sup>3</sup>National University of Food Technologies, str. 68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Received 24 February 2024; accepted 3 May 2024; available online 10 July 2024

### Abstract

The problem of the safety of using dicotyledonous nettle as a wild herbal raw material in cooking technology, collected in different territories of the Lviv region of Ukraine, is considered. The plants for analysis were collected in an area far enough away from the sources of man-made and anthropogenic pollutants, while in all the studies conducted, scientists used a plant that germinated in polluted areas or transplanted it into soil with an increased content of Pd or Cd to determine the accumulation and movement of pollutants substances in plant tissues. Peculiarities of the nutritional value of stinging nettle were studied according to literature sources. Experimental studies of the content of trace elements in three series of 5 plants of dioecious nettle were carried out. The aerial part of the plants (not lower than 10 cm above the soil surface) was selected for research. The plants were analyzed freshly collected - to avoid moisture loss, the time period between the moment of collection and the start of sample analysis did not exceed 2 hours. The measurement data were presented as the average value of the result in the series and indicated the total expanded uncertainty in absolute units (coverage ratio equal to 2 at confidence probability  $P = 0.95$ ). The content of zinc, copper, manganese, cobalt, nickel, lead and cadmium was determined by the method of atomic absorption spectrophotometry; arsenic content - photometrically. The ability of nettle dicotyledons to actively absorb toxic elements was confirmed, and an elevated lead content was recorded in two samples from the soils of ecologically safe areas. For the first time, the issue of systematic quantitative determination of the content of toxic elements in wild raw materials, which will be used for cooking in the future, was raised and substantiated, which will make it possible to assess the risks of its consumption.

**Keywords:** food safety; wild plant; stinging nettle; nutritional value; toxic microelements.

## ВМІСТ ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ТА ТОКСИЧНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У КРОПИВИ ДВОДОМНІЙ В АСПЕКТІ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИНИ ЯК ХАРЧОВА СИРОВИНА

Мирослав Я. Бомба<sup>1</sup>, Тетяна С. Зазуляк<sup>2</sup>, Ігор В. Житнецький<sup>3</sup>, Лариса О. Федина<sup>1</sup><sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000, Україна<sup>2</sup>Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького, вул. Пекарська 69, м. Львів, 79010, Україна<sup>3</sup>Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська 68, м. Київ, 01033, Україна

### Анотація

Розглядається проблема безпечності використання кропиви дводомної, зібраної на різних територіях Львівської області України, як дикорослої трав'яної сировини у технології приготування їжі. Рослини для аналізу збирали на місцевостях, достатньо віддалених від джерел техногенних та антропогенних забруднювачів, а в усіх проведених дослідженнях науковці використовували рослини, які проростали на забруднених ділянках, або пересаджували її у ґрунт з підвищеним вмістом Pd чи Cd для визначення накопичення та переміщення забруднюючих речовин у тканинах рослини. Особливості поживної цінності кропиви дводомної вивчали за даними літературних джерел. Проведено експериментальне визначення вмісту мікроелементів у трьох серіях по 5 рослин кропиви дводомної. Для досліджень відбирали надземну частину рослин (не нижче 10 см над поверхнею ґрунту). Рослини аналізували свіжозібраними - для уникнення втрат вологи період часу між моментом збору та початком аналізу проб не перевищував 2 год. Дані вимірювань представляли як середнє значення результату у серії та зазначали сумарну розширену невизначеність в абсолютних одиницях (коефіцієнт охоплення дорівнює 2 за довірчої ймовірності  $P = 0.95$ ). Методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії визначено вміст цинку, міді, мангану, кобальту, нікелю, свинцю та кадмію; вміст арсену - фотометрично. Підтверджено здатність кропиви дводомної активно поглинати токсичні елементи та зафіксовано підвищений вміст свинцю у двох зразках з ґрунтів екологічно безпечних територій. Вперше піднято та обґрунтовано питання системного кількісного визначення вмісту токсичних елементів у дикорослій сировині, яку в подальшому використовуватимуть для приготування страв, що дасть можливість оцінити ризики її споживання.

**Ключові слова:** безпека харчування; дикоросла сировина; кропива дводомна; токсичні мікроелементи.

\*Corresponding author: e-mail: [lofedyna@gmail.com](mailto:lofedyna@gmail.com)

© 2024 Oles Honchar Dnipro National University; doi: 10.15421/jchemtech.v32i2.299017

## Вступ

Використання дикорослих трав здавна було харчовою культурою багатьох народів. Рослини споживались як окрема страва, як сировина для приготування чаїв, а також як добавка для покращення якості та збагачення смакових властивостей продуктів [1–4]. До числа таких рослин відноситься кропива дводомна (*Urtica dioica* L.) – однорічна трава, яка характеризується високою поживною цінністю [5; 6]. Кропива дводомна містить різноманітні класи хімічних сполук, таких як жирні кислоти (особливо домінуючі цис-9,12-лінолева та  $\alpha$ -ліноленова кислоти), каротиноїди, поліфенольні сполуки та мінерали (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn і Zn), що вказує на ймовірний фізіологічний ефект і дає можливість використовувати рослину, зокрема, як дієтичну добавку [7–10].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Більшу частину кропиви дводомної збирають у дикорослому вигляді, однак спостерігається тенденція до підвищення запасів культивованої культури, що вказує на підвищення інтересу до цього виду рослин [11]. Слід відмітити, що подразнююча дія окремих компонентів трави здебільшого або повністю нівелюється під час термічної обробки [12]. У харчовій промисловості різноманітне поєднання і комбінування дикорослинної сировини (корень бадату, солодки, ревеню, листя бадату, чорниці, брусниці, смородини, шипшини, чабрецю, ромашки аптечної, тисячолісник, череди, звіробою, донника, пустирника, толокнянки і кропиви) з пшеничними висівками стало основою розробки технології нових сухих сніданків. Широко використовується кропива у кондитерській промисловості, а саме у виробництві мармеладу, пастили, цукрового печива та помадних і пралінових цукерок. Фахівцями розроблена технологія отримання консервів пюре-напівфабрикату з кропиви. Запропоновано використання кропиви в якості піноутворювачів у складі композиційних сумішей білкововуглеводного напівфабрикату на основі молочної сироватки. Розроблена технологія комбінованих таблеток кропиви зі сухими соками капусти та буряку та технологія вітамінізованого молочного коктейлю з кропивним соком [13; 14]. У роботі [15] авторами запропоновано рецептури та технології отримання майонезних соусів, стійких до термоокислювальної дії з

використанням кропиви дводомної. Досліджено можливість застосування порошку кропиви дводомної як функціонального збагачувача для виробництва житньоопшеничного хліба оздоровчого спрямування. Розраховано харчову та біологічну цінність хліба, збагаченого порошком кропиви дводомної. Встановлено, що кількість білка підвищилась на 5...7 %, а клітковини у 1.5...2.0 рази [16]. Відмічено істотне збільшення кількості вітамінів у збагаченому хлібі. Зазначено, що порошок кропиви дводомної є джерелом природних харчових сорбентів – вміст комплексу харчових волокон у отриманих зразках порошку кропиви складає 18.3 % [17]. Також досліджено фітокомпозиції з м'яти, кропиви дводомної, ромашки аптечної та розроблено режими отримання екстрактів із обраної сировини. Показано, що отримані екстракти мають антиоксидантні властивості, які знижуються у ряді: екстракт кропиви → екстракт м'яти → екстракт ромашки. Використання отриманої фітокомпозиції у виробництві йогуртів дає можливість розширити асортимент кисломолочних напоїв антиоксидантного спрямування [18].

Разом з тим сьогодні виявлено близько 450 видів рослин, здатних накопичувати у своїх органах токсичні елементи, і серед них згадується кропива дводомна [19–22]. Однак особливості акумуляції кропивою дводомною певних видів хімічних сполук, зокрема есенціальних і токсичних елементів, та ступінь потенційної небезпеки їх передачі до харчового ланцюга людини є недостатньо вивченими, що і визначило мету та завдання даної роботи.

*Мета роботи:* аналіз особливостей поживної цінності кропиви дводомної та експериментальні дослідження вмісту есенціальних та токсичних елементів у кропиві дводомній, зібраній на територіях Львівської області України, достатньо віддалених від джерел техногенних та антропогенних забруднювачів.

## Матеріали та методи дослідження

Особливості поживної цінності кропиви дводомної вивчали за даними літературних джерел. Експериментальні дослідження вмісту есенціальних та токсичних елементів у рослині проводили фізико-хімічними методами, а саме: вміст арсену – фотометрично (ДСТУ ISO 6634:2005), вміст

цинку, міді, мангану, кобальту, нікелю, свинцю та кадмію – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ДСТУ EN 14082:2019) [23; 24]. Зразки для аналізу підготовлені відповідно до ДСТУ 7670:2014 [25] методом сухої мінералізації, який полягає у повному розкладанні органічної речовини шляхом спалювання зразка в електропечі. Всього було проаналізовано три серії по 5 рослин, що проростали поряд, які зібрані на різних територіях Львівської області України. 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 дорівнює 2 за довірчої ймовірності  $P = 0.95$ ).

### Результати та їх обговорення

Кропиву дводомну – потужний резервуар поживних речовин і мінеральних елементів – використовують в якості компоненту страви і як окремих харчовий продукт у багатьох країнах світу [26; 27]. Листя кропиви, незважаючи на низький вміст олії, є багатим джерелом незамінних жирних кислот, таких як  $\alpha$ -ліноленова та ліолева кислоти [28]. Також до біоактивних хімічних складових листя кропиви відносяться флавоноїди (amentoflavone, apiin, apigenin, apigenin 7-O- $\beta$ -D-glucoside, baicalin, baicalein, catechin, epicatechin, epigallocatechingallate, chrysoeriol, genestein, isorhamnetin, kaempferol, keampferol 3-O- $\beta$ -D-glucoside, luteolin, luteolin 7-O- $\beta$ -D-glucoside, myrecetin, naringenin, quercetin, quercetin 3-O- $\beta$ -D-glucoside, quercetin 3-O- $\beta$ -D-galactoside, rutin, vitexin), фенольні кислоти (Phenolic acids, Hydroxybenzoic acid, derivatives Gallic acid, vanillic acid, syringic acid, protocatechuic acid, gentisic acid, Cinnamic acid, derivatives Cinnamic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, chlorogenic acid, sinapic acid), амінокислоти (Alanine,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), glutamic acid, isoleucine, leucine, phenylalanine, proline, tyrosine, valine), каротиноїди ( $\beta$ -Carotene, lutein isomers, neoxanthin, violaxanthin), органічні кислоти (Acetic acid, citric acid, formic acid, malic acid, succinic acid), жирні

кислоти (Arachidic acid, arachidonic acid, behenic acid, dodecendioic acid, euric acid, palmitic acid, palmitolic acid, stearic acid, tricosanoic acid, lauric acid) [29]. Також до основних хімічних компонентів кропиви відносяться дубильні речовини, полісахариди, терпени, протеїни, вітаміни (Vitamin K, Vitamin A, Vitamin B2, Vitamin B6). На мінеральні речовини припадає близько 20 % сухої маси, і серед них значний відсоток становить Кальцій, меншою мірою Манган, Магній, Ферум, Калій, Купрум, Цинк, Селен, також Кобальт і Молібден [30].

Порошок кропиви містить більшу, порівняно з борошном злаків, кількість білка (33.8 %), клітковини (9 %), загальної золи (16.2 %), кальцію (0.17 %), заліза (0.23 %), а також більшу кількість усіх незамінних амінокислот за винятком лейцину та лізину. Низький вміст вуглеводів (37 %), порівняно зі звичайними злаками, наприклад, пшеницею (86.5 %) і ячменем (81.8 %), свідчить про низьку калорійність порошку кропиви (307.2 ккал/100 г). Для порівняння, калорійність пшеничного та ячмінного борошна становить 381.9 ккал/100 г та 369.7 ккал/100 г відповідно. Рівень кальцію (169 мг/100 г) і заліза (277 мг/100 г) знову ж таки вищий, ніж у пшеничного та ячмінного борошна [31–34].

Попри високу поживну цінність, кропива дводомна, згідно з даними деяких наукових джерел, здатна накопичувати йони важких металів [35; 36]. У зразках *Urtica dioica*, зібраних на екологічно чистих ділянках та пересаджених у забруднений свинцем ґрунт, зафіксовано приблизно в 100 разів вищий вміст свинцю, ніж у ненакопичувальних рослинах [20]. Вміст свинцю у наземних частинах кропиви, зібраної на території Польщі подалі від промислових об'єктів та населених місць, становив 23.8 мг/кг, кадмію – 1.51 мг/кг [37].

Результати проведених нами вимірювань вмісту есенціальних мікроелементів у кропиві дводомній, наведені у табл. 1. Як видно з табл. 1, накопичення окремих мікроелементів в кропиві є нерівномірним. Так, вміст цинку та мангану у складі різних серій досліджуваних зразків кропиви відрізняється приблизно у десять разів, міді – у три рази, вміст кобальту знаходиться в межах від 2.1 до 3.04 мг/кг.

Вміст свинцю та кадмію у кропиві дводомній меншою мірою залежить від

території проростання, є більш стабільним, разом з тим вміст нікелю у кропиві, що проростала в Дублянах, значно відрізняється від інших проб, а саме – вищий приблизно у чотири рази. Арсену не виявлено у жодному з досліджених зразків (табл. 2).

Відмінності між ступенем накопичення однакових елементів зразками кропиви, яка зібрана в різних місцевостях Львівської

області, можна пояснити різними видами ґрунтів, на яких проростали рослини [38]. Це корелює з висновками про те, що накопичення важких металів у наземних частинах кропиви можна оцінювати як функцію географічного розташування місцевостей її проростання, які відрізняються за типом ґрунтів [39].

Table 1

### The content of essential trace elements in nettle is dioecious

Таблиця 1

#### Вміст есенціальних мікроелементів у кропиві дводомній

Назва показника	Визначений вміст та невизначеність результату вимірювання, U, мг/кг		
	Серія 1 (село Солонка)	Серія 2 (село Давидів)	Серія 3 (місто Дубляни)
Цинк	0.30 (0.08)	0.22 (0,06)	3.1 (0.78)
Мідь	0.23 (0.06)	0.26 (0,07)	0.89 (0.22)
Манган	0.41 (0.10)	не виявлено ( $< 0.03$ )*	3.9 (0.98)
Кобальт	2.1 (0.53)	2.7 (0,68)	3.04 (0.76)

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

Table 2

### The content of toxic elements in nettle is dioecious

Таблиця 2

#### Вміст токсичних елементів у кропиві дводомній

Назва показника	Визначений вміст та невизначеність результату вимірювання, U, мг/кг		
	Серія 1 (село Солонка)	Серія 2 (село Давидів)	Серія 3 (місто Дубляни)
Свинець	4.1 (1.03)	2.34 (0.59)	3.2 (0.8)
Кадмій	0.59 (0.15)	0.20 (0.05)	0.22 (0.06)
Нікель	0.54 (0.14)	0.32 (0.08)	2.3 (0.58)
Арсен	не виявлено ( $< 0.05$ )*	не виявлено ( $< 0.05$ )*	не виявлено ( $< 0.05$ )*

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

Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1073 від 03.09.2017 року, добова потреба дорослого населення у мінеральних речовинах становить саме: цинку 10–12 мг в залежності від статі людини, міді – 1.0 мг, мангану – 2.0 мг, кобальту – 0.05–0.1 мг [40]. Порівнюючи отримані дані з наведеними цифрами слід вказати, що кропива дводомна не може бути ефективним джерелом збагачення організму цинком, міддю та манганом.

Враховуючи, що кропива не є традиційним харчовим продуктом, вміст контамінантів у кропиві не нормується. Найближчими аналогами в цьому випадку за способом споживання людиною та призначенням є дієтичні добавки. Вимогами наказу МОЗ України у дієтичних добавках регламентується допустимий вміст свинцю (на рівні 3.0 мг/кг) та кадмію (на рівні

1.0 мг/кг). Отримані нами значення вмісту цих елементів (кількості свинцю перевищують, кадмію – є близькими до допустимого рівня), вказують на здатність кропиви до їх накопичення та на потенційну небезпеку споживання цієї рослини у складі харчових продуктів, що корелює з попередньо наведеними даними [19–22; 36].

### Висновки та перспективи досліджень

Кропива дводомна – дикоросла трава, яка містить велику кількість поживних речовин (білків, незамінних амінокислот, жирів, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінералів), що дає можливість використовувати її у харчуванні населення.

Однак підтверджена здатність кропиви дводомної до акумулювання токсичних елементів, а саме свинцю та, меншою мірою,

кадмію, що може призвести до небезпеки передачі їх до харчового ланцюга людини.

Вперше піднято питання системного кількісного визначення вмісту токсичних елементів у дикорослій сировині, що дасть можливість оцінити ризики її споживання. Тому одним із запобіжних заходів безпеки у використанні кропиви дводомної в харчуванні населення є посилений контроль за вмістом свинцю та кадмію у наземних частинах рослини.

Щодо перспектив, дослідження проводяться в напрямку розробки технологій та створення нових рецептур бісквітів із включенням у різних поєднаннях пюре кропиви, в результаті чого виріб збагачується макро- та мікроелементами (магній, цинк, фосфор, залізо, манган, кремній) та вітамінами (B1, B2, B3, B6, E, H, PP). Проведено гранулометричний аналіз порошку, розділено різні фракції та обрано оптимальний розмір фракції для подальших досліджень.

## References

- [1] Popov, S., Skeledžija, S., Šorgić, S., Zeković, Z., Micić, D., Radulović, A., Đurović, S. (2020). Application of Contemporary Extraction Techniques for Elements and Minerals Recovery from Stinging Nettle Leaves. *Appl. Sci.* 10(3), 793; <https://doi.org/10.3390/app10030793>
- [2] Vorobets, N., Yavorska, N., Fafula, R., Zazuliak, T. (2022). Content of Mobile Elements in the Soil and their Accumulation in the Shoots and Fruits of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) and Bogbillionberry (*V. uliginosum*). *Letters in Applied NanoBioScience*, 11, 3270–3277. <https://doi.org/10.33263/LIANBS111.32703277>.
- [3] Bomba, M. Ya., Maikova, S. V., Lototska-Dudyk, U. B. (2022). Horseradish as a spice with unique medicinal properties and prospects for its application in healthy nutrition *Hihiiena naselenykh mists.* 72. 117–123. <https://doi.org/10.32402/hygiene2022.72.117>
- [4] Bomba, M., Fedyna, L., Slyvka, N., Mykhaylytska, O. (2023). Innovations in cooking technologies using non-traditional raw materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 25(100), 74–79. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10012>
- [5] Khuma Kumari Bhusal, Saraddha Khasu Magar, Ronika Thapa, Ashish Lamsal, Sagar Bhandari, Rashmi Maharjan, Sami Shrestha, Jiban Shrestha. [2022]. Nutritional and pharmacological importance of stinging nettle (*Urtica dioica* L.): A review. *Heliyon*. 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09717>
- [6] Konieczynski, P., Lysiuk, R., Kopistecka, M., Wesolowski, M. (2021). Study of essential and toxic elements content in medicinal herbs harvested in Ukraine. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 14(11), 6055–6060. <http://dx.doi.org/10.52711/0974-360X.2021.01052>
- [7] Law of Ukraine № 771/97-VR [1997]. *About the basic principles and requirements for the safety and quality of food products* <http://surli.mubym>
- [8] Đurović, S., Pavlič, B., Šorgić, S., Popov, S., Savić, S., Petronijević, M., Radojković, M., Cvetanović, A., Zeković, Z. (2017). Chemical composition of stinging nettle leaves obtained by different analytical approaches. *Journal of Functional Foods*. 32, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.019>
- [9] García-Herrera, P., Morales, P., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Tardío, J., Sánchez-Mata M. C. (2020). Nutritional and Phytochemical Composition of Mediterranean Wild Vegetables after Culinary Treatment. *Foods*, 9(12), 1761; <https://doi.org/10.3390/foods9121761>
- [10] Tardío, J. [2016]. *Ethnobotanical and Food Composition Monographs of Selected Mediterranean Wild Edible Plants*. In: Sánchez-Mata, M., Tardío, J. (eds) *Mediterranean Wild Edible Plants*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3329-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3329-7_13)
- [11] Roy Upton, R.H. Ayu, B. (2013). Stinging nettles leaf (*Urtica dioica* L.): Extraordinary vegetable medicine. *Journal of Herbal Medicine*, 3(1), 9–38. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2012.11.001>
- [12] M'hamdi, Z., Sabiri, M., Elhourri, M., Amechrouq, A. (2023). Thermal analysis and determination of the heavy metal content of the plant *Urtica Dioica* L. by atomic absorption spectroscopy. *Moroccan Journal of Chemistry*. 11(1). [https://doi.org/10.48317/IMIST.PRS\\_M/morjchem-v11i1.36577](https://doi.org/10.48317/IMIST.PRS_M/morjchem-v11i1.36577)
- [13] Nykyforov, R. P., Simakova, O. O., Slashcheva, A. V., Nazarenko, I. A., Horiainova, Yu. A., Popova, S. Yu. (2019). *Scientific substantiation of the technology of the latest products based on protein-carbohydrate, dairy and vegetable raw materials*. Kryvyi Rih : DonNUET.
- [14] Shubin, O. O., Korshunova, H. F., Dulenko, L. V., Hnitsevych, V. A. (2004). *The use of wild raw materials of the Donetsk region in food*. Donetsk: DonDUET.
- [15] Kurylenko, Yu., Kurakin, O. (2023). Use of vegetable raw material as a stabilizer in the technology of functional mayonnaise sauces. *Innovations and technologies in the field of services and food*. 2(8). [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(8\).2023.6](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(8).2023.6)
- [16] Bazhai-Zhezherun Svitlana Andriivna, Iliuk Dzhoana Serhiivna. [2022]. Wild plants as raw materials for increasing the biological value of products. *Actual problems of science and education: realities and prospects*. The 1<sup>st</sup> International scientific and practical conference, (December 9, 2022), *NUKht*. Kyiv. <https://dSPACE.nuft.edu.ua/handle/123456789/40802>
- [17] Iliuk, D., Bazhai-Zhezherun, S. (2021). Stinging nettle powder is a valuable fortifier for health food products. *Health food products and dietary supplements: technology, quality and safety: The International scientific and practical conference, NUKht*. Kyiv. <https://dSPACE.nuft.edu.ua/handle/123456789/37628>
- [18] Hoiko, I. Yu., Stetsenko, N. O. (2022). Study of the effect of phytocomposition of antioxidant action on comprehensive assessment of yogurt quality *Naukovi pratsi NUKht*. 28(2), 163–172.
- [19] Maleki, M., Ghorbanpour, M., Kariman, K. (2017). Physiological and antioxidative responses of medicinal plants exposed to heavy metals stress. *Plant Gene*. 11(B), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2017.04.006>

- [20] Đuričić-Milanković, J., Popović, K., Damjanović Bojan, J. J., Ilić-Udovičić, D., Jevtić, I. (2022). Remediation of heavy metal contaminated soils by using *Urtica dioica*. *28th International Symposium on Analytical and Environmental Problems*. 129–132.
- [21] Sharifi, K., Rahnavard, A., Saeb, K., Farid Fahimi, G., Tavana, A. (2023). Ability of *Urtica dioica* L. to adsorb heavy metals (Pb, Cd, As, and Ni) from contaminated soils. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 32(1), 51–84. <https://doi.org/10.1080/15320383.2022.2052263>
- [22] Karahan, F., Ozyigit, I. I., Saracoglu, I. A., Yalcin, I. E., Ozyigit A. H., Ilcim? A. [2020]. Heavy metal levels and mineral nutrient status in different parts of various medicinal plants collected from eastern Mediterranean Region of Turkey. *Biological trace element research*. 197, 316–329. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01974-2>
- [23] State Research and Design Institute "Konservpromkompleks". DSTU ISO 6634:2004 (2006). *Fruits, vegetables and processed products. Determination of arsenic content by spectrometric method using silver diethyldithiocarbamate* (ISO 6634:1982, IDT). Ky'yiv: Derzhspozhy`vstandart Ukrayiny` (in Ukrainian).
- [24] European Committee for Standardization. DSTU EN 14082:2019 (2019). [*Food products. Determination of the content of lead, cadmium, zinc, copper, iron and chromium by atomic absorption spectrometry (AAS) after dry ashing* (EN 14082:2003, IDT)]. Ky'yiv: DP «UkrNDNCz» (in Ukrainian).
- [25] State Research and Design Institute "Konservpromkompleks". DSTU 7670:2014 (2015). [*Raw materials and food products. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic elements*]. Ky'yiv: Derzhspozhy`vstandart Ukrayiny` (in Ukrainian).
- [26] Jan, K.N., Zarafshan, K., Singh, S. (2017). Stinging nettle (*Urtica dioica* L.): a reservoir of nutrition and bioactive components with great functional potential. *Food Measure* 11, 423–433. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9410-4>
- [27] Maietti, A., Tedeschi, P., Catani, M., Stevanin, C., Pasti, L., Cavazzini, A., Marchetti, N. (2021). Nutrient Composition and Antioxidant Performances of Bread-Making Products Enriched with Stinging Nettle (*Urtica dioica*) Leaves. *Foods*, 10(5), 938. <https://doi.org/10.3390/foods10050938>
- [28] Guil-Guerrero, J.L., Rebolloso-Fuentes, M.M., Torija Isasa M.E. (2003). Fatty acids and carotenoids from Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *Intern. J. of Food Sc.* 16(2). 111–119. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(02\)00172-2](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(02)00172-2)
- [29] Devkota, H.P., Paudel, K.R., Khanal, S., Baral, A., Panth, N., Adhikari-Devkota, A., Jha, N.K., Das, N., Singh, S.K., Chellappan, D.K. (2022). Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.): Nutritional Composition, Bioactive Compounds, and Food Functional Properties. *Molecules*, 27(16), 5219. <https://doi.org/10.3390/molecules27165219>
- [30] Joshi, B.C., Mukhija, M., Kalia, A.N. (2014). Pharmacognostical review of *Urtica dioica* L. *Int. J. Green Pharm.* 8. 201–209.
- [31] Rutto, L. K., Xu, Y., Ramirez, E., Brandt, M. (2013). Mineral Properties and Dietary Value of Raw and Processed Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.). *Intern. J. of Food Sc.* [doi: 10.1155/2013/857120](https://doi.org/10.1155/2013/857120)
- [32] Kregiel, D., Pawlikowska, E., Antolak, H. (2018). Ordinary Plants with Extraordinary Properties. *Molecules*. 23(7), 1664. <https://doi.org/10.3390/molecules23071664>
- [33] Özcan, M. M., Ünver, A., Uçar, T., Arslan, D. (2008). Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoction. *Food Chemistry*. 106(3). 1120–1127 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.042>
- [34] Adhikari, B.M., Bajracharya, A., Shrestha, A. K. (2015). Comparison of Nutritional Properties of Stinging Nettle (*Urtica dioica*) Flour with Wheat and Barley *Food Sci Nutr*. 7. 4(1). 119–24. <https://doi.org/10.1002/fsn3.259>
- [35] Kara, D. (2009). Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. *Food Chemistry*. 114(1) 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.054>
- [36] Tokaloğlu, Ş. (2012). Determination of trace elements in commonly consumed medicinal herbs by ICP-MS and multivariate analysis. *Food Chemistry*. 134(4). 2504–2508 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.093>
- [37] Fischer, A., Brodziak-Dopierała, B., Loska, K., Stojko, J. (2017). The Assessment of Toxic Metals in Plants Used in Cosmetics and Cosmetology. *Int. J. Environ Res Public Health*. 14(10), 1280. [doi: 10.3390/ijerph14101280](https://doi.org/10.3390/ijerph14101280)
- [38] Pozniaka, S. P. (2019). *Lands of the Lviv region*. Lviv, Ukraine: LNU imeni Ivana Franka.
- [39] Mahlangeni, N. T., Moodley, R., Jonnalagadda, S. B. (2019). Uptake, Translocation, and Bioaccumulation of Elements in Forest Nettle (*Laportea alatis*). *Analytical Letters*, 52(7). 1050–1067. [doi: 10.1080/00032719.2018.1513020](https://doi.org/10.1080/00032719.2018.1513020)
- [40] Resolution of the Ministry of Health of Ukraine (2017). [*On the approval of the norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic food substances and energy*], <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>. (in Ukrainian).