

УДК 639.21./22:597.551.4:639.381

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.32>

ХАРАКТЕРИСТИКА МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ М'ЯСА АФРИКАНСЬКОГО КЛАРІЄВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Ярослав Олександрович Кислиця

аспірант

<https://orcid.org/0009-0005-2223-8428>

Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Аліна Анатоліївна Менчинська

кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Анотація. У статті наведено результати комплексного дослідження мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома — *Clarias gariepinus*, вирощеного в умовах сучасної інтенсивної аквакультури. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою роллю аквакультури у забезпеченні населення високоякісною білково-мінеральною сировиною та обмеженою кількістю наукових даних щодо мінерального профілю африканського кларієвого сома, отриманих в умовах вітчизняного рибориства. Метою дослідження було визначення та оцінка вмісту біологічно значущих макро- та мікроелементів у м'язовій тканині риби, а також аналіз внеску досліджуваної сировини у забезпечення добової потреби людини в основних мінеральних речовинах.

Об'єктом дослідження було м'ясо товарних особин африканського кларієвого сома. Визначення мінерального складу здійснювали з використанням сучасних фізико-хімічних методів аналізу після попередньої мінералізації зразків. Встановлено, що м'ясо африканського кларієвого сома характеризується збалансованим мінеральним профілем із домінуванням калію, а також наявністю магнію, кальцію та натрію у концентраціях, характерних для прісноводної риби. Серед мікроелементів виявлено залізо, цинк, мідь і марганець, які відіграють важливу роль у процесах кровотворення, антиоксидантного захисту та регуляції обміну речовин в організмі людини. Оцінка адекватного рівня споживання показала, що споживання 100 г м'яса африканського кларієвого сома забезпечує помітну частку добової потреби в окремих мінеральних елементах.

Окрему увагу приділено оцінці показників безпечності. Результати досліджень свідчать про відсутність небезпечних концентрацій токсичних елементів і низький рівень радіонуклідів у досліджуваних зразках. Таким чином, м'ясо африканського кларієвого сома може розглядатися як безпечна та перспективна рибна сировина для виробництва харчових продуктів підвищеної біологічної цінності та функціонального призначення.

Ключові слова: сом, мінеральний склад, макроелементи, мікроелементи, біологічна цінність, рибна сировина.

UDC 639.21./22:597.551.4:639.381

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.1.2026.32>

CHARACTERIZATION OF THE MINERAL COMPOSITION OF AFRICAN SHARPTOOTH CATFISH MEAT (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Yaroslav Kyslytsia

Postgraduate student

<https://orcid.org/0009-0005-2223-8428>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine*

Alina Menchynska

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8593-3325>

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv
03041, Heroiv Oborony Street, 15, Kyiv, Ukraine*

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of the mineral composition of African catfish (*Clarias gariepinus*) meat reared under modern intensive aquaculture conditions. The relevance of the study is determined by the increasing role of aquaculture in supplying the population with high-quality protein and mineral raw materials, as well as by the limited availability of scientific data on the mineral profile of African catfish produced under domestic farming conditions. The aim of the study was to determine and evaluate the content of biologically significant macro elements and microelements in the muscle tissue of African catfish and to assess the contribution of this fish's raw material to meeting the daily human requirements for essential mineral elements.

The object of the study was the meat of market-sized African catfish. The mineral composition was determined using modern physicochemical analytical methods after preliminary mineralization of the samples. The results demonstrated that African catfish meat has a balanced mineral profile, with potassium predominating, along with magnesium, calcium, and sodium at concentrations typical of freshwater fish. Among microelements, iron, zinc, copper, and manganese were identified, all of which play important roles in hematopoiesis, antioxidant protection, and the regulation of metabolic processes in the human body. Evaluation of adequate intake levels showed that consuming 100 g of African catfish meat provides a notable proportion of the daily requirement for several essential minerals.

Special attention was given to safety indicators. The obtained results indicate the absence of hazardous concentrations of toxic elements and a low level of radionuclides in the analyzed samples. Thus, African catfish meat can be considered a safe and promising raw material for the production of food products with enhanced biological value and functional properties.

Keywords: fish, mineral composition, macro elements, microelements, biological value, fish raw material.

ВСТУП. Мінеральні речовини є незамінними компонентами харчування людини, оскільки вони беруть участь у формуванні та підтриманні структурної цілісності тканин, регуляції метаболічних процесів і забезпеченні функціонування ферментних систем.

Макроелементи, зокрема кальцій, фосфор, калій, магній і натрій, відіграють ключову роль у підтриманні водно-електролітного балансу, нервово-м'язової провідності та енергетичного обміну, тоді як мікроелементи, такі як залізо, цинк, мідь і марганець, необхідні для кровотворення, імунної відповіді та антиоксидантного захисту організму (Torpe et al., 2018; FAO, 2022).

Риба та рибна продукція розглядаються як одні з найбільш цінних природних джерел мінеральних речовин із високою біодоступністю. На відміну від багатьох рослинних продуктів, мінерали рибного походження характеризуються кращим засвоєнням, що зумовлює їх важливе значення у формуванні раціонів здорового харчування та профілактиці дефіцитних станів (Béné et al., 2019). У цьому контексті розвиток аквакультури набуває стратегічного значення для забезпечення стабільного постачання якісної білково-мінеральної сировини, особливо в умовах зростання чисельності населення та обмеженості природних рибних ресурсів (FAO, 2022).

Сучасна аквакультура дозволяє контролювати умови вирощування риби, включаючи якість води, склад кормів і технологічні параметри утримання, що безпосередньо впливає на хімічний склад і харчову цінність готової продукції. Водночас численні дослідження свідчать, що навіть за контрольованих умов вирощування мінеральний склад м'язової тканини риби може істотно варіювати залежно від виду, віку, інтенсивності росту та кормової бази (Langi et al., 2024). Це зумовлює необхідність проведення видоспецифічних і регіонально орієнтованих досліджень мінерального складу рибної сировини.

Одним із найбільш перспективних об'єктів інтенсивної прісноводної аквакультури є африканський кларієвий сом – *Clarias gariepinus*. Цей вид характеризується високою швидкістю росту, адаптивністю до широкого діапазону екологічних умов, ефективним використанням кормів і стабільними показниками продуктивності, що робить його привабливим для промислового вирощування в різних країнах світу. Крім того, м'ясо африканського кларієвого сома відзначається високим вмістом повноцінного білка та відносно низьким рівнем жиру, що додатково підвищує його харчову цінність (Abdel-Mobdy et al., 2021).

Попри зростаючий інтерес до *Clarias gariepinus* як об'єкта аквакультури, більшість досліджень зосереджені на показниках росту, конверсії корму та загальному хімічному складі, тоді як дані щодо детального мінерального профілю м'язової тканини залишаються фрагментарними. Особливо обмеженою є інформація про вміст окремих макро- та мікроелементів у м'ясі африканського кларієвого сома, вирощеного в умовах контрольованих аквакультурних систем, що ускладнює об'єктивну оцінку його внеску у забезпечення добової потреби людини в мінеральних речовинах (Adeyemi et al. 2025).

Крім харчової цінності, важливим аспектом оцінки рибної сировини є її безпечність. Риба здатна акумулювати токсичні елементи та радіонукліди з водного середовища, тому мінеральний аналіз доцільно поєднувати з оцінкою вмісту потенційно небезпечних компонентів. У сучасних дослідженнях підкреслюється, що рівень накопичення важких металів у рибі суттєво залежить від екологічного стану водойм і джерел водопостачання, що особливо актуально для промислової аквакультури (Okocha et al., 2025).

З огляду на викладене, дослідження мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома в умовах сучасної аквакультури є актуальним і науково обґрунтованим. Отримані результати мають практичне значення для оцінки харчової та біологічної цінності цієї рибної сировини, а також для формування рекомендацій щодо її використання у виробництві продуктів здорового та функціонального харчування.

Мета дослідження полягала в оцінці мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), відповідно до фізіологічної потреби людського організму в основних мінеральних речовинах.

Завдання:

- дослідити мінеральний склад м'яса африканського кларієвого сома, вирощеного в умовах аквакультури;
- проаналізувати ступінь забезпечення в біологічно значущих макро- та мікроелементах відповідно добової потреби організму;
- підтвердити харчову цінності та безпечність досліджуваної рибної сировини.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. Оцінка мінерального складу рибної сировини є важливою складовою досліджень, спрямованих на обґрунтування її харчової та біологічної цінності. У науковій літературі останніх років все частіше наголошується, що мінеральні елементи рибного походження відіграють ключову роль у забезпеченні фізіологічних потреб людини, а їхній вміст і біодоступність залежать від виду риби та умов її вирощування (Torre et al., 2018).

За даними FAO (2022), риба забезпечує значну частку надходження кальцію, фосфору, йоду та інших мікроелементів у раціонах населення багатьох країн. При цьому саме прісноводні види риб, вирощені в аквакультури, розглядаються як перспективне джерело мінеральних речовин завдяки можливості керування умовами їх росту та годівлі. Водночас автори підкреслюють, що мінеральний склад прісноводної риби є більш варіабельним порівняно з морськими видами, що зумовлює необхідність детальних експериментальних досліджень.

Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) привертає значну увагу дослідників у зв'язку з його високою продуктивністю та адаптивністю. У роботі (Abdel-Mobdy et al. 2021) показано, що м'ясо цього виду характеризується високою білковою цінністю та помірним вмістом мінеральних речовин, однак автори наголошують на значних коливаннях показників залежно від умов вирощування. Подібні висновки наведено й у порівняльних дослідженнях, де аналізували мінеральний склад *Clarias gariepinus* з різних типів прісноводних екосистем (Adeyemi et al., 2025).

Огляд сучасних публікацій свідчить, що серед макроелементів у м'ясі африканського кларієвого сома найчастіше домінують калій і фосфор, тоді як магній і кальцій присутні у нижчих концентраціях. (Langi et al., 2024) у своєму огляді підкреслюють, що така структура мінерального профілю є типовою для швидкорослих прісноводних видів і тісно пов'язана з особливостями осморегуляції та енергетичного обміну.

Що стосується мікроелементів, більшість авторів відзначають наявність заліза, цинку, міді та марганцю у м'ясі *Clarias gariepinus* у фізіологічно значущих кількостях. Зазначають, що ці елементи роблять істотний внесок у харчову цінність прісноводної риби, однак їхній рівень значною мірою залежить від кормової бази та мінерального складу води. У деяких роботах також розглядається можливість цілеспрямованого підвищення вмісту окремих мікроелементів шляхом застосування мінеральних добавок у годівлі (Sarsembayeva et al., 2025).

Окремий блок досліджень присвячений безпечності рибної продукції та здатності риби акумулювати токсичні елементи. Підкреслюють, що важкі метали можуть накопичуватися у м'язовій тканині риби навіть за відносно низького рівня забруднення води, що зумовлює необхідність регулярного моніторингу. У дослідженнях, проведених на африканському континенті, показано, що концентрації свинцю та кадмію у *Clarias gariepinus* істотно зростають у районах з підвищеним антропогенним навантаженням (Okocha et al., 2025).

Разом з тим автори відзначають, що риба, вирощена в контрольованих умовах аквакультури, зазвичай характеризується нижчим рівнем токсичних елементів порівняно з рибою з природних водойм (Adewumi et al., 2021). Це підтверджує доцільність розвитку

промислової аквакультури як безпечного джерела рибної сировини з прогнозованими показниками якості.

Таким чином, аналіз сучасної наукової літератури свідчить про значний потенціал африканського кларієвого сома як джерела мінеральних речовин, водночас підкреслюючи необхідність проведення локальних досліджень, спрямованих на уточнення його мінерального профілю та показників безпечності в умовах конкретних аквакультурних систем.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Об'єктом дослідження було м'ясо африканського кларієвого сома – *Clarias gariepinus*, вирощеного в умовах контрольованої аквакультури ТМ «AQUAFARM», м. Васильків, Київської області. Для аналізу використовували м'язову тканину риби без шкіри та кісток. Зразки відбирали від товарних особин однакового віку та маси, що забезпечувало репрезентативність вибірки та мінімізацію впливу біологічних варіацій на результати дослідження.

Риба була вирощена в умовах інтенсивної аквакультури із застосуванням стандартних технологічних режимів утримання та годівлі. Після відбору зразків м'ясо піддавали первинній обробці, що включала відокремлення м'язової тканини, подрібнення та гомогенізацію до однорідного стану. Підготовлені проби зберігали за температури не вище 4 °С до моменту проведення аналітичних досліджень.

Вміст мінеральних елементів у м'ясі африканського кларієвого сома визначали після мінералізації зразків методом сухого озолення, згідно ДСТУ 7670:2014. Озолення проводили в муфельній печі при температурі 450–550 °С до отримання світло-сірого зольного залишку. Отриману золу розчиняли в розчині азотної кислоти з подальшим доведенням об'єму дистильованою водою (State Standard of Ukraine, 2014).

Кількісне визначення макроелементів (кальцію, магнію та калію) і мікроелементів (заліза, цинку, міді, нікелю алюмінію, кобальта, арсену, хрому молібдену та марганцю) здійснювали методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії, згідно ДСТУ EN ISO 7980:2022 та ДСТУ EN 14082:2019 (State Standard of Ukraine, 2022; State Standard of Ukraine, 2019).

Для оцінки безпечності сировини визначали вміст токсичних елементів, з використанням фізико-хімічних методів аналізу, згідно ДСТУ EN 14082:2019 та ДСТУ EN 13806:2022 (State Standard of Ukraine, 2019; State Standard of Ukraine, 2022). Радіаційну безпечність оцінювали шляхом визначення вмісту радіонуклідів стронцію та цезію, відповідно до методів МВ 5778, 5779, затверджених Міністерством охорони здоров'я (Ministry of Health of Ukraine, 1991).

Отримані значення порівнювали з гранично допустимими рівнями, встановленими нормативними документами (State Standard of Ukraine, 2010; Ministry of Health of Ukraine, 2006).

Усі аналітичні визначення проводили не менше ніж у трикратній повторності. Результати досліджень обробляли методами варіаційної статистики з визначенням середнього арифметичного значення та стандартного відхилення. Дані подавали у вигляді середнього значення з урахуванням похибки вимірювань. Статистичну обробку виконували з використанням стандартних програмних засобів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Результати досліджень мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома – *Clarias gariepinus* – дозволяють комплексно оцінити його харчову та біологічну цінність як перспективної рибної сировини для сучасної аквакультури. Отримані експериментальні дані свідчать про наявність у м'язовій тканині риби широкого спектра макро- та мікроелементів, що відіграють ключову роль у забезпеченні фізіологічних потреб організму людини. Основні результати щодо вмісту макро- та мікроелементів у м'ясі африканського кларієвого сома наведені в таблиці 1, де показники подано у перерахунку на 100 г їстівної частини продукту.

Таблиця 1. Мінеральний склад м'яса африканського кларієвого сома

Показник	Вміст, мг/100 г	Адекватний рівень споживання, мг; 10% добової потреби (Ministry of Health of Ukraine, 2017)	
	Макроелементи	Жінки	Чоловіки
Калій	219,3 ± 6,6	-	
Кальцій	11,3 ± 0,4	110	120
Магній	22,47 ± 0,7	50	40
	Мікроелементи	Жінки	Чоловіки
Мідь	0,042 ± 0,002	0,1	
Залізо	0,804 ± 0,03	1,7	1,5
Цинк	0,595 ± 0,02	1,2	1,5
Нікель	0,00453 ± 0,00003	-	
Марганець	0,0104 ± 0,0005	0,2	
Алюміній	0,776 ± 0,03	-	
Хром	0,0044 ± 0,004	0,005	
Молибден	<0,0005	0,07	
Кобальт	<0,0005	-	
Арсен	<0,0005	-	

Джерело: розроблено автором на основі досліджень

Аналіз експериментальних даних, наведених у таблиці 1, показав, що мінеральний склад м'язової тканини африканського кларієвого сома характеризується чіткою диференціацією макро- та мікроелементів за рівнем їх вмісту. Серед макроелементів домінуюче положення займає калій, вміст якого становив $219,3 \pm 6,6$ мг/100 г. Висока концентрація калію є типовою для прісноводних видів риб і свідчить про значний потенціал досліджуваної сировини у забезпеченні процесів регуляції водно-електролітного балансу, функціонування нервової системи та скоротливої активності м'язів.

Магній та кальцій представлені у фізіологічно значущих кількостях і становили відповідно $22,47 \pm 0,7$ мг/100 г та $11,3 \pm 0,4$ мг/100 г. Магній відіграє ключову роль як кофактор численних ферментативних реакцій та бере участь у регуляції нервово-м'язової провідності, тоді як кальцій є необхідним структурним компонентом кісткової тканини та регулятором внутрішньоклітинних сигнальних процесів. Порівняння фактичного вмісту зазначених елементів із 10 % адекватного рівня їх добового споживання свідчить про помірний, але стабільний внесок м'яса африканського кларієвого сома у забезпечення мінеральних потреб людини.

Серед мікроелементів у складі м'язової тканини досліджуваного виду найбільший вміст зафіксовано для заліза та цинку – $0,804 \pm 0,03$ мг/100 г і $0,595 \pm 0,02$ мг/100 г відповідно. Наявність заліза має особливе значення з огляду на його участь у процесах кровотворення та транспорту кисню, тоді як цинк відіграє важливу роль у підтриманні імунної відповіді, регуляції білкового синтезу та антиоксидантного захисту організму. Вміст міді та марганцю був суттєво нижчим і становив відповідно $0,042 \pm 0,002$ мг/100 г та $0,0104 \pm 0,0005$ мг/100 г, що відповідає їх статусу слідових елементів, необхідних для функціонування ферментних систем.

Виявлений у м'язовій тканині нікель знаходився на низькому рівні ($0,00453 \pm 0,00003$ мг/100 г), що не перевищує нормативні значення та не створює ризиків з точки зору харчової безпечності. Вміст потенційно небезпечних елементів, таких як молибден, кобальт, арсен та ртуть, перебував нижче межі визначення методу, що додатково підтверджує безпечність досліджуваної рибної сировини.

Загалом отримані результати свідчать про збалансований мінеральний профіль м'яса африканського кларієвого сома, який поєднує наявність біологічно важливих макро- та мікроелементів із низьким рівнем токсичних компонентів.

Це підтверджує доцільність розгляду даного виду риби як перспективної сировини для виробництва продуктів здорового харчування. Для наочної оцінки внеску мінеральних елементів у покриття 10 % адекватного рівня добового споживання доцільним є подання отриманих результатів у вигляді графічного матеріалу (рис. 1).

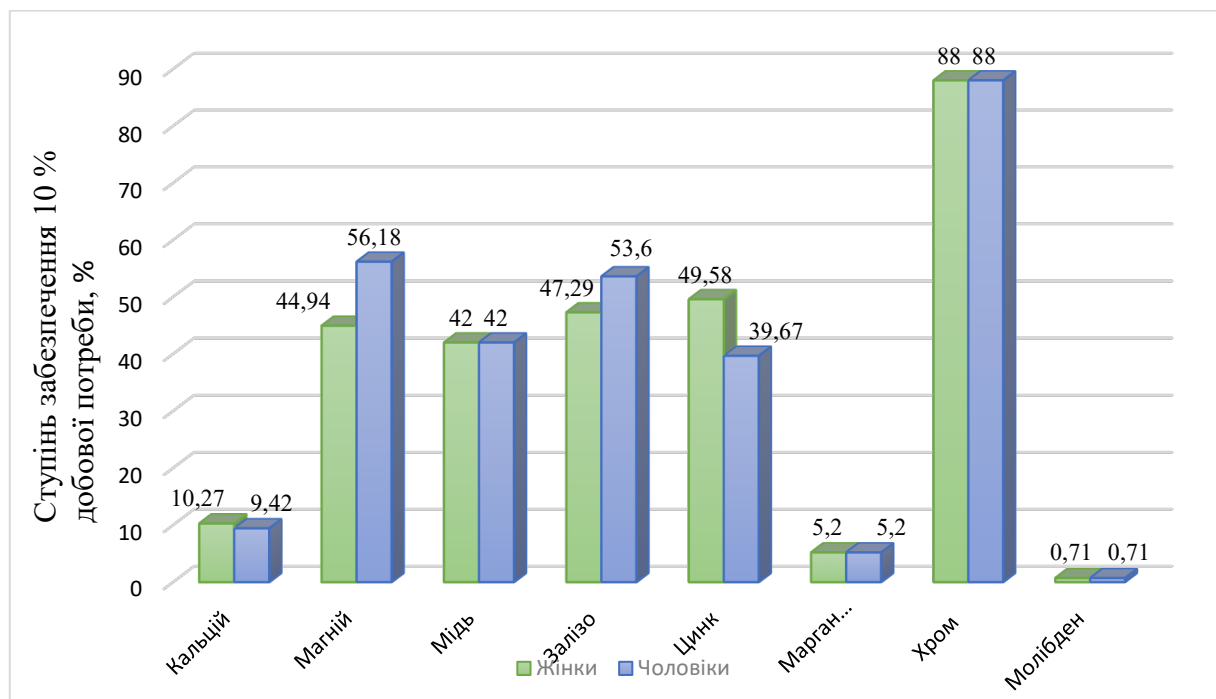


Рисунок 1. Ступінь забезпечення 10 % добової потреби дорослого населення в мінеральних речовинах

Джерело: розроблено автором

Побудована діаграма (рис. 1) наочно ілюструє ступінь забезпечення 10 % адекватного рівня добового споживання окремих мінеральних елементів при вживанні 100 г м'яса африканського кларієвого сома з урахуванням фізіологічних потреб жінок і чоловіків. Отримані графічні дані свідчать про виражену диференціацію внеску досліджуваної рибної сировини у покриття потреби в макро- та мікроелементах залежно від їх біологічної ролі та нормативних значень споживання.

Серед макроелементів найбільший відносний внесок у забезпечення добової потреби припадає на магній. Для жінок цей показник становить близько 44,9 %, тоді як для чоловіків – понад 56 %, що відображає різницю в адекватних рівнях споживання магнію залежно від статі. Такий рівень забезпечення свідчить про значний потенціал м'яса африканського кларієвого сома як джерела магнію, який відіграє ключову роль у процесах енергетичного обміну, регуляції нервово-м'язової провідності та ферментативної активності.

Помірний внесок у покриття добової потреби спостерігається також для кальцію. Ступінь забезпечення 10 % адекватного рівня споживання цього елемента не перевищує 10–11 % як для жінок, так і для чоловіків, що є характерним для м'язової тканини риб, яка не містить кісткових структур. Водночас наявність кальцію у фізіологічно значущих концентраціях доповнює загальний мінеральний профіль досліджуваної сировини та підвищує її харчову цінність у складі змішаних раціонів.

Аналіз мікроелементного складу показує, що найбільший внесок серед слідових елементів забезпечують залізо та цинк. Ступінь покриття 10 % адекватного рівня споживання

заліза становить близько 47–54 %, що є особливо важливим з огляду на роль цього елемента у процесах кровотворення та транспорту кисню. Цинк також характеризується значним внеском, який для жінок перевищує 49 %, а для чоловіків наближається до 40 %, що підкреслює значущість м'яса африканського кларієвого сома як джерела цього мікроелемента для підтримання імунної функції та антиоксидантного захисту організму.

Вміст міді забезпечує близько 42 % адекватного рівня споживання як для жінок, так і для чоловіків, що свідчить про достатню присутність цього елемента у м'язовій тканині риби. Водночас ступінь забезпечення потреби в марганці, нікелі та молібдені є відносно низьким і не перевищує 5–6 % для марганцю та менш ніж 1 % для молібдену. Такі значення відповідають фізіологічному статусу зазначених елементів як мікронутрієнтів, необхідних у незначних кількостях, і водночас свідчать про відсутність ризиків надмірного їх надходження з харчовим раціоном.

Особливу увагу привертає високий відносний показник для хрому, який досягає близько 88 % від 10 % адекватного рівня споживання як для жінок, так і для чоловіків. Це може свідчити про значний внесок м'яса африканського кларієвого сома у забезпечення потреби в цьому елементі, що бере участь у регуляції вуглеводного обміну та чутливості тканин до інсуліну.

Таким чином, аналіз графічних даних дозволяє зробити висновок, що споживання 100 г м'яса африканського кларієвого сома забезпечує суттєву частку адекватного рівня споживання окремих життєво необхідних макро- та мікроелементів, зокрема магнію, заліза, цинку, міді та хрому. Отримані результати підтверджують доцільність розгляду даної рибної сировини як перспективного компонента продуктів здорового харчування та функціональних харчових виробів, орієнтованих на оптимізацію мінерального статусу населення з урахуванням статевих особливостей потреб.

Оцінка безпечності рибної сировини є невід'ємною складовою комплексної характеристики її харчової та біологічної цінності, оскільки м'язова тканина риб здатна акумулювати токсичні елементи та радіонукліди з водного середовища. Наявність навіть незначних концентрацій важких металів може становити потенційний ризик для здоров'я людини за умови регулярного споживання рибної продукції. У зв'язку з цим у межах дослідження було проведено визначення вмісту токсичних елементів і радіонуклідів у м'ясі африканського кларієвого сома з подальшим порівнянням отриманих значень із гранично допустимими рівнями, встановленими чинними нормативними документами. Результати контролю показників безпечності рибної сировини наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Вміст важких металів та радіонуклідів у м'ясі сома

Показник	Гранично допустимі рівні, мг/кг (для радіонуклідів Бк/кг), не більше (State Standard of Ukraine, 2010; Ministry of Health of Ukraine, 2006)	М'ясо африканського сома
Токсичні елементи		
Свинець	1,0	0,013 ± 0,0003
Кадмій	0,2	0,0054 ± 0,00003
Ртуть	0,6	<0,0005
Мідь	10	0,42 ± 0,002
Цинк	40	5,95 ± 0,02
Радіонукліди		
Стронцій	35	0,045±0,001
Цезій	150	-

Джерело: розроблено автором

Аналіз результатів, наведених у таблиці 2, свідчить, що вміст токсичних елементів у м'ясі африканського кларієвого сома не перевищує гранично допустимих рівнів, установлених чинними нормативними документами для рибної продукції. Зокрема, концентрація свинцю становила $0,013 \pm 0,0003$ мг/кг, що є суттєво нижчим за допустимий рівень 1,0 мг/кг. Вміст кадмію також перебував на низькому рівні та становив $0,0054 \pm 0,00003$ мг/кг при гранично допустимому значенні 0,2 мг/кг. Отримані результати свідчать про відсутність значного антропогенного забруднення та підтверджують екологічну безпечність умов вирощування досліджуваної риби.

Концентрація ртуті в м'ясі африканського кларієвого сома була значно нижчою за нормативне обмеження і становила $<0,0005$ мг/кг при допустимому рівні 0,6 мг/кг. Вміст міді та цинку, які поряд із потенційною токсичністю виконують важливі біологічні функції, також не перевищував гранично допустимих значень. Зокрема, концентрація міді становила $0,42 \pm 0,002$ мг/кг при допустимому рівні 10 мг/кг, а вміст цинку – $5,95 \pm 0,02$ мг/кг при нормативному значенні 40 мг/кг. Такі показники свідчать про безпечний рівень накопичення зазначених елементів та їх відповідність вимогам харчової безпечності.

Оцінка радіаційної безпечності показала, що вміст стронцію в м'ясі африканського кларієвого сома становив $0,045 \pm 0,001$ Бк/кг, що є у десятки разів нижчим за встановлений допустимий рівень (100 Бк/кг). Радіонуклід цезій у досліджуваних зразках не було виявлено, що додатково підтверджує відсутність радіаційного навантаження та безпечність рибної сировини.

Таким чином, результати досліджень засвідчують, що м'ясо африканського кларієвого сома характеризується високим рівнем харчової безпечності за показниками вмісту токсичних елементів і радіонуклідів. Поєднання низьких концентрацій потенційно небезпечних компонентів із раніше встановленим збалансованим мінеральним складом дозволяє розглядати дану рибу сировину як перспективний об'єкт для використання у виробництві харчових продуктів підвищеної біологічної цінності та продуктів здорового харчування.

Отримані результати щодо мінерального складу м'яса африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) свідчать про високу харчову та біологічну цінність даної рибної сировини та узгоджуються із сучасними науковими уявленнями про роль прісноводної риби у формуванні повноцінного раціону людини. Порівняння експериментальних даних із результатами досліджень, опублікованих після 2016 року, демонструє загальну подібність мінерального профілю м'яса *Clarias gariepinus* у різних роботах, а також підтверджує стабільність накопичення біологічно значущих елементів у м'язовій тканині цього виду (Abdel-Mobdy et al., 2021; Langi, 2024; Adeyemi et al., 2025).

Серед макроелементів у м'ясі африканського кларієвого сома домінуюче положення займає калій, що є характерною особливістю даного виду риб і неодноразово відзначалося іншими авторами. У наукових публікаціях підкреслюється, що високий вміст калію в рибній сировині має важливе фізіологічне значення, оскільки цей елемент бере участь у регуляції водно-електролітного балансу, нервово-м'язової провідності та серцевої діяльності (Langi, 2024). Отримані в нашому дослідженні значення вмісту калію відповідають діапазонам, наведеним у сучасних літературних джерелах, і підтверджують здатність м'яса африканського кларієвого сома робити суттєвий внесок у забезпечення організму цим макроелементом.

Магній і кальцій у м'язовій тканині *Clarias gariepinus* були представлені у помірних, але фізіологічно значущих концентраціях. Подібні рівні цих елементів характерні для філе прісноводних риб і розглядаються як оптимальні з точки зору харчування, оскільки забезпечують участь у ферментативних процесах, енергетичному обміні та підтриманні структурної цілісності кісткової тканини без надлишкового надходження мінералів (Abdel-Mobdy et al., 2021). Порівняння з іншими дослідженнями показує, що отримані нами значення магнію та кальцію перебувають у межах типових для м'язової тканини без кісткових включень, що підкреслює коректність методологічного підходу.

Аналіз мікроелементного складу свідчить, що м'ясо африканського кларієвого сома є джерелом заліза та цинку у кількостях, які мають практичне значення для харчування людини. Роль заліза у процесах кровотворення та транспорту кисню, а також значення цинку для імунної відповіді й антиоксидантного захисту широко висвітлені в сучасних роботах, присвячених харчовій цінності риби (Abdel-Mobdy et al., 2021; Adeyemi et al., 2025). Значення Fe і Zn, отримані в нашому дослідженні, узгоджуються з даними інших авторів і підтверджують, що *Clarias gariepinus* може розглядатися як стабільне джерело цих мікроелементів у складі щоденного раціону.

Вміст міді, нікелю та марганцю в м'ясі африканського кларієвого сома був низьким і відповідав їх фізіологічному статусу слідових елементів. Подібний характер розподілу мікроелементів також відзначається в інших дослідженнях, де підкреслюється, що для *Clarias gariepinus* притаманна відсутність надмірного накопичення цих елементів у м'язовій тканині (Abdel-Mobdy et al., 2021; Langi, 2024). Це може розглядатися як позитивна характеристика з точки зору харчової безпечності та стабільності мінерального складу.

Порівняльний аналіз з даними інших авторів свідчить, що виявлені міждослідницькі відмінності за окремими показниками мають кількісний, а не принциповий характер і не змінюють загальної оцінки мінерального профілю м'яса африканського кларієвого сома. У сучасних оглядових роботах наголошується, що варіабельність абсолютних значень мінеральних елементів є типовою для рибної сировини та зумовлюється сукупністю біологічних і технологічних чинників, однак базова структура мінерального складу залишається стабільною (Langi, 2024).

Особливої уваги заслуговують показники безпечності. У нашому дослідженні токсичні елементи, зокрема свинець і кадмій, не були виявлені, а вміст радіонуклідів перебував на рівні, суттєво нижчому за встановлені нормативи. Це вигідно відрізняє отримані результати від даних окремих публікацій, у яких повідомляється про підвищені концентрації важких металів у рибі з регіонів із високим антропогенним навантаженням (Okocha et al., 2025). Отримані нами показники підтверджують високу харчову безпечність м'яса африканського кларієвого сома та підкреслюють його придатність для регулярного споживання.

Таким чином, результати обговорення демонструють, що мінеральний склад м'яса африканського кларієвого сома характеризується поєднанням біологічно значущих концентрацій макро- та мікроелементів із відсутністю небезпечних рівнів токсичних компонентів. Узгодженість отриманих даних з результатами сучасних наукових досліджень (Abdel-Mobdy et al., 2021; Langi, 2024; Adeyemi et al., 2025) та наявність низки позитивних характеристик дозволяють розглядати *Clarias gariepinus* як перспективну сировину для виробництва продуктів здорового харчування та функціональних харчових виробів.

ВИСНОВКИ. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що м'ясо африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) характеризується домінуванням калію, вміст якого становить $219,3 \pm 6,6$ мг/100 г, а також наявністю магнію ($22,47 \pm 0,7$ мг/100 г) і кальцію ($11,3 \pm 0,4$ мг/100 г), що підтверджує його значущість як джерела біологічно важливих макроелементів.

Аналіз мікроелементного складу показав, що вміст заліза досягає $0,804 \pm 0,03$ мг/100 г, цинку - $0,595 \pm 0,02$ мг/100 г, міді - $0,042 \pm 0,002$ мг/100 г та марганцю - $0,0104 \pm 0,0005$ мг/100 г, що свідчить про наявність у м'язовій тканині комплексу мікроелементів, необхідних для процесів кровотворення, антиоксидантного захисту та ферментативної активності організму людини.

Оцінка ступеня забезпечення 10 % адекватного рівня добової потреби показала, що споживання 100 г м'яса африканського кларієвого сома забезпечує до 88 % цього рівня для хрому, 47–54 % - для заліза, 40–50 % - для цинку та магнію залежно від статі споживачів, що підтверджує суттєвий внесок досліджуваної рибної сировини у формування мінерального раціону дорослого населення. Результати контролю показників безпечності свідчать, що вміст

свинцю ($0,013 \pm 0,0003$ мг/кг) та кадмію ($0,0054 \pm 0,00003$ мг/кг) у м'ясі африканського кларієвого сома не перевищує гранично допустимих рівнів, установлених чинними нормативними документами, а концентрація стронцію ($0,045 \pm 0,001$ Бк/кг) є суттєво нижчою за допустимі значення, що підтверджує радіаційну безпеку досліджуваної рибної сировини.

Узагальнення отриманих експериментальних даних дозволяє розглядати м'ясо африканського кларієвого сома як безпечну та перспективну сировину для виробництва харчових продуктів здорового харчування, що поєднує збалансований мінеральний склад із відповідністю гігієнічним нормативам безпеки; подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення впливу технологічної обробки та умов зберігання на стабільність мінерального профілю.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Abdel-Mobdy, M. E., El-Sayed, A. F. M., & El-Ghobashy, A. E. (2021). Nutritional value of African catfish (*Clarias gariepinus*) meat. *Aquaculture and Fisheries*, 6(4), 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.11.003>
- Adewumi, A. A., Adeyemo, O. K., & Oladimeji, A. A. (2021). Mineral composition and safety evaluation of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured under different aquaculture systems. *Environmental Challenges*, 5, 100337. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100337>
- Adeyemi, O. T., Ogunwole, O. A., & Olatunji, E. A. (2025). Comparative analysis of the nutritional composition of *Clarias gariepinus* from lentic and lotic freshwater ecosystems. *West African Journal of Applied Ecology*, 33(1), 77–88. <https://journals.ug.edu.gh/index.php/wajae/article/view/4689>
- Afolabi, O., Adeolu, A. T., Yusuf, I., Adewoye, S., & Asabi, O. S. (2019). Bioaccumulation of heavy metals by *Clarias gariepinus* (African catfish) in Asa River, Ilorin, Kwara State. *Journal of Health and Pollution*, 9(21), 190303. <https://doi.org/10.5696/2156-9614-9.21.190303>
- Akinwumi, A. O., Adeyemi, A. A., & Okafor, C. O. (2024). Assessment of naturally occurring radionuclides and heavy metals in freshwater fish species from coastal Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, 114. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12114-3>
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I., & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7(2), 261–274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>
- Bogard, J. R., Thilsted, S. H., Marks, G. C., Wahab, M. A., Hossain, M. A. R., Jakobsen, J., & Stangoulis, J. (2017). Nutrient composition of important fish species and potential contribution to recommended nutrient intakes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 57, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.002>
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards blue transformation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>
- Langi, S., Maulu, S., Hasimuna, O. J., Kapula, V. K., & Tjipute, M. (2024). Nutritional requirements and effect of culture conditions on the performance of the African catfish (*Clarias gariepinus*): A review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2302642. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2302642>
- Ministry of Health of Ukraine. (1991). *Methodological guidelines No. 5778-91. Determination of strontium-90 in food products*.
- Ministry of Health of Ukraine. (1991). *Methodological guidelines No. 5779-91. Determination of cesium-137 in food products*.

- Ministry of Health of Ukraine. (2006). *State hygienic standards. Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products and drinking water* (GN 6.6.1.1-130-2006). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text>
- Ministry of Health of Ukraine. (2017). *On approval of the Norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic nutrients and energy* (Order No. 1073, September 3, 2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>
- Okocha, R. C., Ogheneborhie, O., & Falana, B. M. (2025). Heavy metal concentrations in African catfish (*Clarias gariepinus*) and pond water from commercial fish farms in South-West Nigeria. *NIPES - Journal of Science and Technology Research*, 32, 2491–2505. <https://doi.org/10.37933/nipes/7.4.2025.SI295>
- Sarsembayeva, N. A., Ikramzhan, G. K., Zhaksylykova, G. K., & Kassenova, Z. M. (2025). Enhancing the nutritional profile of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) through dietary mineral supplementation and probiotics. *Veterinary World*, 18(6), 1341–1349. <https://veterinaryworld.org/Vol.18/June-2025/11.pdf>
- State Standard of Ukraine. (2010). *Live fish. General technical requirements* (DSTU 2284:2010). Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine.
- State Standard of Ukraine. (2014). *Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization for determination of toxic elements content* (DSTU 7670:2014). Kyiv: UkrNDNC.
- State Standard of Ukraine. (2019). *Foodstuffs. Determination of lead, cadmium, zinc, copper, iron and chromium content by atomic absorption spectrometry (AAS) after dry ashing (EN 14082:2003, IDT)* (DSTU EN 14082:2019). Kyiv: UkrNDNC.
- State Standard of Ukraine. (2022). *Foodstuffs. Determination of trace elements. Determination of mercury by cold vapour atomic absorption spectrometry (CVAAS) after pressure digestion (EN 13806:2002, IDT)* (DSTU EN 13806:2022). Kyiv: UkrNDNC.
- State Standard of Ukraine. (2022). *Water quality. Determination of calcium and magnesium. Atomic absorption spectrometric method (EN ISO 7980:2000, IDT; ISO 7980:1986, IDT)* (DSTU EN ISO 7980:2022). Kyiv: UkrNDNC.
- Toppe, J., Bondad-Reantaso, M. G., Hasan, M. R., & Josupeit, H. (2018). *Fish and human nutrition: Nutritional quality of fish and fish products* (FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1158). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i9940en/i9940EN.pdf>