

УДК 636.087.7:639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.35>

ОЦІНКА АМІНОКИСЛОТНОГО ПРОФІЛЮ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ СОНЯШНИКУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВИ РИБНОМУ БОРОШНУ

Ільчук І.І. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів

імені П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0003-0961-6613

Боярчук С.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів

імені П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-6319-9876

Гутий Б.В. – д.вет.н., професор,

завідувач кафедри гігієни, санітарії

та загальної ветеринарної профілактики ім. М. В. Демчука,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0000-0002-5971-8776

У статті наведено результати комплексної оцінки амінокислотного профілю продуктів переробки соняшнику як потенційного альтернативного джерела білка при частковій або повній заміні рибного борошна у комбікормах для аквакультури. Актуальність проведеного дослідження зумовлена постійним зростанням дефіциту рибного борошна на світовому ринку, його високою собівартістю та обмеженою доступністю, що підкреслює необхідність пошуку ефективних, економічно доцільних і безпечних рослинних білкових інгредієнтів для кормовиробництва. Основною метою роботи було детально порівняти амінокислотний склад рибного борошна, соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового білку та соєвого шроту, а також оцінити їх біологічну повноцінність з точки зору забезпечення фізіологічних потреб аквакультури.

Дослідження проведено із застосуванням методів порівняльного аналізу та візуалізації даних за допомогою радарних діаграм, що дозволило оцінити як абсолютний вміст амінокислот у продуктах, так і їх співвідношення, відхилення від еталонного профілю та відповідність потребам організмів водних видів. Встановлено, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим амінокислотним профілем і може розглядатися як еталонне джерело протеїну у комбікормах. Продукти переробки соняшнику демонструють задовільний рівень більшості незамінних амінокислот, проте мають суттєвий дефіцит лізину, що складає 40–60% від рівня рибного борошна, що є критичною обмежувальною ознакою. Водночас вони характеризуються підвищеним вмістом аргініну та відносно високим рівнем метіоніну, що робить їх привабливими в порівнянні з іншими рослинними джерелами білка, такими як соєвий шрот.

Показано, що основним обмежуючим фактором використання соняшникових білкових продуктів є амінокислотний дисбаланс, тоді як загальний вміст протеїну не є критичною перешкодою для кормовиробництва. Нормування амінокислотного складу за лізином виявило значні диспропорції, зокрема надлишок аргініну, що свідчить про необхідність раціонального балансування комбікормів. Встановлено, що ефективно використання продуктів



© Ільчук І.І., Боярчук С.В., Гутий Б.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

переробки соняшнику можливе за умов корекції амінокислотного складу, додавання дефіцитних амінокислот та включення джерел омега-3 поліненасичених жирних кислот.

Отримані результати підтверджують перспективність використання продуктів переробки соняшнику як часткової заміни рибного борошна у комбікормах для аквакультури та обґрунтовують необхідність подальших наукових досліджень щодо оптимізації їх застосування, визначення безпечних рівнів введення та впливу на продуктивність риб і водних організмів.

Ключові слова: амінокислотний профіль, рибне борошно, соняшниковий протеїновий концентрат, ізолят соняшникового білку, соєвий шрот, аквакультура.

Ichuk I.I., Boyarchuk S.V., Hutyi B.V. The impact of resource-saving soil treatment technologies on infestation and damage of winter wheat by harmful phytophagous insects in the forest-steppe of Ukraine

The article presents the results of a comprehensive evaluation of the amino acid profile of sunflower processing products as a potential alternative protein source for partial or complete replacement of fishmeal in aquaculture feeds. The relevance of this study is driven by the ongoing global shortage of fishmeal, its high cost, and limited availability, highlighting the need to find efficient, economically viable, and safe plant-based protein ingredients for feed production. The main aim of the work was to compare the amino acid composition of fishmeal, sunflower protein concentrate, sunflower protein isolate, and soybean meal, as well as to assess their biological value in terms of meeting the physiological requirements of aquaculture species.

The study was conducted using comparative analysis methods and data visualization through radar charts, which allowed the evaluation of both the absolute amino acid content in the products and their ratios, deviations from the reference profile, and conformity to the nutritional needs of aquatic organisms. It was established that fishmeal exhibits the most balanced amino acid profile and can be considered a reference protein source in aquafeeds. Sunflower processing products demonstrated satisfactory levels of most essential amino acids, but they have a significant lysine deficiency, amounting to 40–60% of the level found in fishmeal, which represents a critical limiting factor. At the same time, these products are characterized by an elevated arginine content and a relatively high methionine level, making them advantageous compared to other plant-based protein sources such as soybean meal.

It was shown that the main limiting factor for the use of sunflower protein products is amino acid imbalance, whereas the total protein content is not a critical barrier for feed formulation. Standardization of the amino acid profile based on lysine revealed significant disproportions, including an excess of arginine, indicating the necessity for rational feed balancing. It was determined that the effective use of sunflower products is possible under conditions of amino acid profile correction, supplementation with deficient amino acids, and the inclusion of omega-3 polyunsaturated fatty acid sources.

The obtained results confirm the potential of using sunflower processing products as a partial replacement for fishmeal in aquaculture feeds and justify the need for further research to optimize their application, determine safe inclusion levels, and evaluate their impact on fish productivity and the health of aquatic organisms.

Key words: amino acid profile, fish meal, sunflower protein concentrate, sunflower protein isolate, soybean meal, aquaculture.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах розвитку аквакультури спостерігається зростаюча залежність від рибного борошна як основного джерела повноцінного протеїну, що супроводжується його обмеженою доступністю та високою вартістю. Це зумовлює необхідність пошуку альтернативних протеїнових інгредієнтів рослинного походження, здатних забезпечити адекватний рівень амінокислотного живлення риб. Продукти переробки соняшнику розглядаються як перспективна альтернатива, однак їх використання обмежується можливим дисбалансом амінокислотного складу. Особливо актуальним є питання дефіциту окремих незамінних амінокислот, зокрема лізину, що може негативно впливати на продуктивність тварин. У зв'язку з цим виникає потреба у детальній оцінці амінокислотного профілю соняшникових білкових продуктів у порівнянні з традиційними джерелами протеїну.

Постановка проблеми. Рибне борошно традиційно розглядається як еталонне джерело білка у комбікормовій промисловості завдяки високому вмісту сирого протеїну (65–72%) та оптимальному амінокислотному профілю [1]. Водночас обмеженість природних ресурсів, зростання вартості та екологічні обмеження стимулюють пошук альтернативних джерел протеїну, зокрема рослинного походження [2].

Серед перспективних альтернатив особливу увагу привертають продукти переробки соняшнику – шрот (SFM), макуха та білковий концентрат (SPC), що зумовлено широким поширенням культури та значним обсягом її виробництва, зокрема в Україні [3]. За даними сучасних досліджень, вміст сирого протеїну у соняшниковому шроті становить 33–44%, тоді як у білковому концентраті може досягати 45–57% [3, 4].

Порівняльні дослідження амінокислотного складу показують, що соняшникові продукти характеризуються достатньо високим рівнем валіну, треоніну, ізолейцину та фенілаланіну, а також значно перевищують рибне борошно за вмістом аргініну [1]. Крім того, соняшниковий білок має вищий рівень метіоніну порівняно із соєвим шротом, що є важливою перевагою при балансуванні раціонів [5].

Водночас встановлено, що лізин є першою лімітуючою амінокислотою у продуктах переробки соняшнику, причому його вміст може бути на 30–40% нижчим порівняно з рибним борошном [1, 6]. Аналогічні висновки підтверджуються й сучасними оглядовими роботами [3, 7].

Дослідження впливу технологічної переробки показали, що концентрування білка та зниження вмісту клітковини дозволяє суттєво покращити амінокислотний склад, зокрема підвищити вміст лізину та сірковмісних амінокислот [8]. Водночас температурні режими обробки мають критичне значення, оскільки надмірне нагрівання призводить до деградації лізину [5].

Показники перетравності білка соняшникового шроту є досить високими і можуть досягати 93,8%, що співставно або навіть перевищує аналогічні показники для соєвого шроту та рибного борошна [1]. Однак високий вміст клітковини та наявність фенольних сполук (зокрема хлорогенової кислоти) обмежують його ефективне використання у годівлі моногастричних тварин [5, 9].

Практичні дослідження у галузі аквакультури підтверджують можливість часткової заміни рибного борошна соняшниковими продуктами на рівні 25–50% без суттєвого зниження продуктивності за умови балансування раціонів за амінокислотами [1, 2].

Незважаючи на значний обсяг досліджень, ряд важливих аспектів залишається недостатньо вивченим.

По-перше, існує обмежена кількість системних досліджень, присвячених комплексній оцінці амінокислотного профілю різних форм продуктів переробки соняшнику (шрот, концентрат, ізолят) з урахуванням технологічних факторів [3, 8].

По-друге, недостатньо досліджено вплив різних режимів термічної та ферментативної обробки на біодоступність лізину та інших критичних амінокислот, що має ключове значення для практичного застосування [5].

По-третє, відсутні уніфіковані підходи до оцінки оптимального рівня заміщення рибного борошна у раціонах різних видів тварин та риб із урахуванням балансу лімітуючих амінокислот [2].

Крім того, потребує подальшого вивчення взаємодія антипоживних факторів (фенольних сполук, клітковини) з амінокислотами та їх вплив на перетравність і засвоєння поживних речовин [9, 10].

Метою даної роботи є узагальнення сучасних наукових даних щодо амінокислотного складу продуктів переробки соняшнику та оцінка їх ефективності як альтернативного джерела білка при заміні рибного борошна у комбікормах.

Методика досліджень. Дослідження виконано шляхом порівняльного аналізу амінокислотного складу рибного борошна як еталонного джерела білка та альтернативних рослинних інгредієнтів, зокрема соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового білку та соєвого шроту. Для аналізу використовували показники вмісту незамінних амінокислот (% у сирому протеїні), отримані з експериментальних та літературних джерел.

Оцінку біологічної повноцінності білкових інгредієнтів проводили із застосуванням методів нормування амінокислотного складу відносно еталонного білка (рибного борошна = 100%) та відносно лізину (лізин = 100%). Додатково здійснювали аналіз відповідності амінокислотного профілю фізіологічним потребам організму з метою визначення лімітуючих амінокислот.

Для візуалізації та узагальнення результатів використовували радарні діаграми, що дозволяють одночасно оцінити абсолютний вміст амінокислот, їх співвідношення, відхилення від еталону та внутрішню збалансованість білка. Обробку та графічне представлення даних здійснювали із застосуванням програмних засобів аналізу даних.

Дослідження виконано в рамках реалізації державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 № 0124U000924.

Результати досліджень. У даному дослідженні проведено порівняльний аналіз амінокислотного складу рибного борошна як еталонного джерела протеїну та альтернативних рослинних інгредієнтів, зокрема соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового протеїну та соєвого шроту. Аналіз показав, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим амінокислотним профілем, зокрема високим вмістом лізину (7,87%), лейцину (9,98%) та треоніну (5,77%), що підтверджує його статус еталонного білкового інгредієнта у годівлі риб.

Встановлено, що соняшниковий протеїновий концентрат має знижений рівень більшості незамінних амінокислот порівняно з рибним борошном. Найбільш критичне відхилення спостерігається для лізину (-4,08%), що підтверджує його статус першої лімітуючої амінокислоти. Також відзначено зниження вмісту треоніну (-1,98%), метіоніну (-0,83%) та лейцину (-3,55%). Водночас соняшникові продукти характеризуються підвищеним вмістом аргініну. Так, у концентраті його рівень перевищує рівень у рибному борошні на 0,76%, а в ізоляті – на 2,38%, що є важливою перевагою для протеїнового обміну та ростових процесів. Ізолят соняшникового протеїну демонструє покращений амінокислотний профіль порівняно з концентратом, зокрема за вмістом гістидину (+0,33%) та аргініну (+2,38%). Проте дефіцит лізину залишається ще більш вираженим (-4,94%), що обмежує його використання без додаткового балансування раціону.

Соєвий шрот, використаний як референтний рослинний протеїн, має більш збалансований амінокислотний профіль порівняно з соняшниковими продуктами, зокрема значно вищий рівень лізину (7,48%) та гістидину (4,35%). Проте він поступається соняшниковим інгредієнтам за вмістом метіоніну та аргініну.

З метою комплексної оцінки як абсолютного вмісту амінокислот, так і їх біологічної повноцінності, було використано радарні діаграми (рис. 1–4), що дозволяють візуалізувати як рівень амінокислот, так і їх співвідношення.

Оцінка фактичної поживної цінності протеїнових інгредієнтів показала, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим і рівномірним

амінокислотним профілем. Натомість продукти переробки соняшнику формують полігон меншої площі, що свідчить про зниження вмісту окремих незамінних амінокислот, передусім лізину, треоніну та лейцину. Водночас за вмістом аргініну соняшникові інгредієнти перевищують еталон, що вказує на специфічні особливості їх амінокислотного складу (рис. 1).

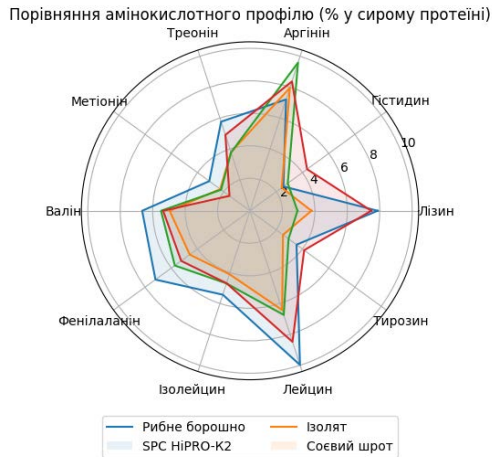


Рис. 1. Порівняння абсолютного вмісту амінокислот (% у сирому протеїні)

Проведений аналіз дозволив оцінити ступінь відхилення альтернативних джерел протеїну від еталонного рівня. Встановлено, що найбільший дефіцит у продуктах переробки соняшнику спостерігається за лізином, який становить лише 40–60% від рівня рибного борошна. Водночас вміст аргініну перевищує еталонні значення і досягає 110–130%. Соевий шрот характеризується найменшим ступенем відхилення серед досліджуваних рослинних джерел білка (рис. 2).

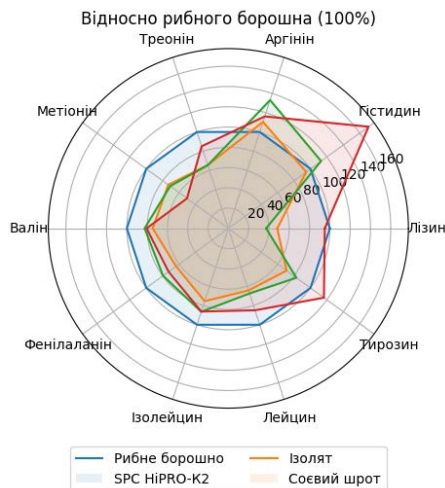


Рис. 2. Амінокислотний профіль, нормований відносно рибного борошна (100%)

Оцінка здатності досліджуваних інгредієнтів забезпечувати фізіологічні потреби організму без додаткового балансування раціону показала, що жоден із рослинних протеїнів не забезпечує повного покриття потреби за всіма незамінними амінокислотами. Найбільш критичним є дефіцит лізину, тоді як за аргініном і гістидином у ряді випадків спостерігається надлишок, що свідчить про виражений амінокислотний дисбаланс (рис 3).

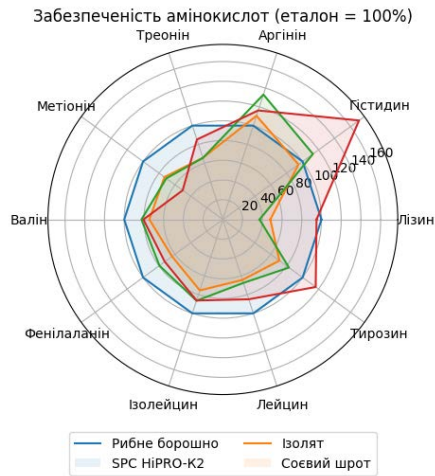


Рис. 3. Забезпеченість амінокислот відносно фізіологічної потреби (100%)

Виявлено суттєві диспропорції у співвідношенні амінокислот незалежно від їх абсолютного вмісту. Встановлено, що продукти переробки соняшнику характеризуються значним надлишком аргініну (до 200–300% від рівня лізину), що свідчить про виражений амінокислотний дисбаланс. Натомість рибне борошно має більш гармонійний амінокислотний профіль, наближений до оптимального (рис.4).

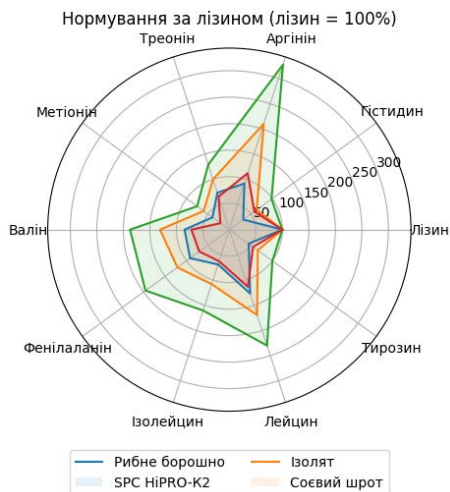


Рис. 4. Амінокислотний профіль, нормований за лізином (лізин = 100%)

Отримані результати підтверджують, що основним обмежуючим фактором використання продуктів переробки соняшнику є амінокислотний дисбаланс, зокрема дефіцит лізину, а не загальний рівень протеїну.

Крім того, слід враховувати, що рибне борошно містить 9–12% жиру, включаючи поліненасичені жирні кислоти омега-3, тоді як соняшникові протеїнові продукти практично не забезпечують цього компоненту. Це обумовлює необхідність додаткового балансування не лише амінокислотного, але й жирнокислотного складу раціонів при заміні рибного борошна.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що продукти переробки соняшнику можуть розглядатися як перспективні альтернативні джерела протеїну у комбікормах, однак їх використання має ряд обмежень. Основним лімітуючим фактором є дефіцит лізину, який у соняшниковому протеїновому концентраті та ізоляті на 50–65% нижчий порівняно з рибним борошном. Це потребує обов'язкового балансування раціонів шляхом введення синтетичних амінокислот або комбінування з іншими протеїновими джерелами. Позитивною характеристикою соняшникових продуктів є високий вміст аргініну, а також відносно сприятливий рівень метіоніну, що дозволяє частково компенсувати недоліки інших рослинних протеїнів. Ізолят соняшникового протеїну має кращі показники за рядом амінокислот порівняно з концентратом, проте не вирішує проблему дефіциту лізину та додатково потребує корекції жирнокислотного складу раціону.

Практичне використання соняшникових продуктів у кормах для риб можливе за умов балансування амінокислотного профілю (насамперед за лізином), додавання джерел омега-3 жирних кислот, оптимізації рівня введення у раціоні.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці технологій глибокої переробки соняшникового білку з підвищенням вмісту лізину, застосуванні ензимної обробки для підвищення біодоступності амінокислот, оптимізації комбінованих протеїнових композицій, економічному обґрунтуванні ефективності використання соняшникових протеїнових продуктів у комбікормах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sanz A., Morales A. E., de la Higuera M., Gardenete G. Sunflower meal compared with soybean meals as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Protein and energy utilization. *Aquaculture*. 1994. Vol. 128. № 3–4. P. 287–300. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90318-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90318-2)
2. Hussain S. M., Bano A. A., Ali S., Rizwan M., Adrees M., Zahoor A. F., Sarker P. K., Hussain M., Arsalan M. Z., Yong J. W. H., Naem A. Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. № 4. P. e26573. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>
3. Pitera L., Pitera V. Sunflower protein concentrate in animal nutrition: A scoping review of nutritional value, processing, and trade. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2025. Vol. 73. № 4–5. P. 267–277. <https://doi.org/10.11118/actaun.2025.019>
4. Lu F., Haga Y., Satoh S. Effects of replacing fish meal with rendered animal protein and plant protein sources on growth response, biological indices, and amino acid availability for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science*. 2015. Vol. 81. № 1. P. 95–105. <https://doi.org/10.1007/s12562-014-0818-7>
5. Alagawany M., Farag M. R., Abd El-Hack M. E., Dhama K. The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 3. № 12. P. 634–648. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648>

6. Şenköylü N., Dale N. Sunflower meal in poultry diets: A review. *World's Poultry Science Journal*. 1999. Vol. 55. № 2. P. 153–174. <https://doi.org/10.1079/WPS19990011>
7. Tomičić Z., Spasevski N., Popović S., Banjac V., Đuragić O., Tomičić R. By-products of the oil industry as sources of amino acids in feed. *Food and Feed Research*. 2020. Vol. 47, № 2. P. 131–137. <https://doi.org/10.5937/ffr47-28435>
8. Lovatto N. M., Goulart F. R., Loureiro B. B., Speroni C. S., Bender A. B. B., Giacomini S. J., Radünz Neto J., Silva L. P. Crambe (*Crambe abyssinica*) and sunflower (*Helianthus annuus*) protein concentrates: Production methods and nutritional properties for use in fish feed. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2017. Vol. 89. № 3 Suppl. P. 2495–2504. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720140630>
9. Sosulski F., Fleming S. E. Chemical, functional, and nutritional properties of sunflower protein products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1977. Vol. 54. № 2. P. A100–A104. <https://doi.org/10.1007/BF02912382>
10. Oseyko M., Romanovska T., Shevchyk V. Justification of the amino acid composition of sunflower proteins for dietary and functional products. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9, № 2. P. 394–403. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2020-9-2-11>

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026