

УДК 664.346

DOI 10.37734/2518-7171-2025-1-7

БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА АМАРАНТУ РІЗНИХ ТИПІВ

С. А. ШИЛКО, аспірант;

В. О. БАХМАЧ, кандидат технічних наук, доцент
(Національний університет харчових технологій)

Анотація. Амарант, завдяки вмісту білку, біологічно корисних сполук та корисних жирів, є перспективною культурою для розширення асортименту продуктів здорового харчування, а також виробництва функціональних продуктів харчування. Однак технологічні аспекти його переробки та вплив різних типів насіння на біохімічні показники залишаються недостатньо вивченими. Розробка науково-практичних основ комплексної, глибокої технології переробки зерна амаранту спрямована на суттєве зниження дефіциту білка та інших цінних речовин у раціоні харчування населення, на активне заміщення ним інших зернових продуктів та розвиток потенціалу вітчизняного агропромислового комплексу. Комплексна, глибока переробка зерна амаранту з отриманням високоякісних білкових, білково-вуглеводних і білково-ліпідних продуктів вимагає розвитку теоретичних і експериментальних досліджень для обґрунтування ресурсів зберігаючих технологій, заснованих на максимальному фракціонуванні та очищенні основних біохімічних елементів. Хімічного потенціалу вихідної сировини.

У роботі досліджено нутрієнтний склад амаранту різних типів. Встановлено, що світлозабарвлене зерно має найбільшу концентрацію білка та сквалену, також і підвищену олійність (5,97–8,23 %). Оцінюючи біологічну ефективність, досліджували ліпідний комплекс зерна різних типів, порівнюючи склад біологічно активних компонентів. Аналіз отриманих даних свідчить, що біле зерно за вмістом сквалену (8,30–8,70 %), стеролів (4,40–4,80 %) і токоферолів (0,10–0,18 %) перевершують рожеві і чорні. Амарантова олія за сумарним вмістом токоферолів наближається до соєвої олії, перевершує оливкову, арахісову та соняшникову (в 8,2; 3,0 і 2,5 рази відповідно). Переважання в ньому токоферолів з антиоксидантною активністю (93 % від суми) підвищує захисний потенціал організму, одночасно перешкоджаючи окисленню ліпідів. Отримані результати будуть використані в подальшому при дослідженні технології глибокої переробки зерен амаранту.

Ключові слова: зерно амаранту, олія, токоферолі, сквален, технологія переробки

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Амарант (*Amaranthus* L.) – рід трав'янистих однорічних рослин родини Амарантові (*Amarantaceae*). У світовій флорі нараховується близько 60 видів амаранту. В Україні найбільш поширеними видами амаранту є амарант загнутий (*Amaranthus retroflexus* L.), амарант багрянний (*Amaranthus cruentus* L.), амарант хвостатий (*Amaranthus caudatus* L.), амарант волотистий (*Amaranthus paniculatus* L.), амарант темний (*Amaranthus hypochondriacus* L.) [1–2].

Амарантова олія має широкий спектр застосування. Олію з амаранту застосовують для профілактики та лікування багатьох захворювань як біологічно активну добавку. [3] Також широко використовують в різних галузях харчової промисловості та кулінарії для різних страв або приготування салатів [1].

В промисловості використовуються наступні основні способи отримання амарантової олії [1]:

- екстракцією вуглекислим газом CO_2 , що відповідно знижує вміст сквалену і антиоксидантів;
- олійним способом екстракції за допомогою настоювання з використанням рослинних рафінованих олій, що призводить до зниження показників вмісту вітамінів і активних компонентів. Для

цього способу відсутня інформація про вміст амаранту, його складових та сквалену;

– за допомогою різних органічних розчинників, де можуть використовуватися хімічні компоненти, що повністю не виводяться і залишаються в олії. Такий спосіб вимагає проведення обов'язкового рафінування олії [3].

Використання сучасних технологій дозволяють здійснювати безвідходну переробку амаранту, що робить цей процес екологічно безпечним [4]. В Україні амарант вирощується за органічними технологіями і його продукти користуються попитом як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках [1–2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Амарант – це унікальна культура, яка має широкий спектр застосувань у харчовій, фармацевтичній, косметичній промисловості та навіть у сільському господарстві [1].

Технології переробки амаранту дозволяють отримувати цінні поживні продукти, а саме: олія з амаранту, що містить речовину сквален, який має потужні антиоксидантні властивості. Іншим видом продуктів переробки є білкові концентрати, вони широко використовуються у виробництві харчових добавок та кормів. Також амарант

є джерелом отримання пектинів, що застосовується у харчовій промисловості, зокрема для створення желе та інших продуктів [5].

Пошук альтернативних рішень у технології харчових продуктів визначив необхідність створення сучасної структури харчування на основі застосування функціональних продуктів, що одержані з природних джерел, що містять природні унікальні за хімічною будовою ліпідні компоненти, здатні надавати ефективний біологічний вплив на організм людини, що коригує негативний техногенний вплив екології [6].

У зв'язку з чим актуальним завданням залишається розробка продуктів харчування з рослинної сировини, багатой на незамінні нутрієнти. При цьому важливим є використання місцевих сировинних джерел, що мають багатий вітамінно-мінеральний, амінокислотний та жирнокислотний склад поряд з невисокою вартістю.

Перспективною сировиною з цього погляду є амарант [7]. Зерно амаранту перевершує багато традиційних злакових культур за вмістом білка (від 16 до 19 %), незамінних амінокислот, вітамінів, макро- та мікроелементів, біологічно активних речовин, жиру (від 6 до 10 %) та цінної сполуки – сквалену (від 5 до 8 %). У насінні цієї рослини міститься олія, яка характеризується наявністю близько 77 % ненасичених жирних кислот, вітаміну Е в рідкій формі. Багато в амарантовій олії та фосфоліпідів, серед яких переважає лецитин.

Ряд досліджень проведених вченими [2–5] за кордоном та дослідниками [6–7] у нашій країні показує перспективи використання цієї культури при виробництві харчової продукції: хлібобулочних, молочних, м'ясних та інших виробів. Дуже популярним є використання амарантової олії в косметичних засобах та для особистої гігієни. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності виробників та задоволенню потреб споживачів на ринку.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є наведення результатів дослідження нутрієнтного складу перспективних видів зерна амаранту.

Для вирішення поставленої мети необхідним є вирішення ряду задач:

1. Дослідити хімічний склад зерна амаранту, а саме вміст білків, жирів, крохмалю, золи. Провести порівняльний аналіз для амарантових зерен типу: білий, рожевий та чорний.

2. Визначити вміст токоферолів в амарантовій олії.

3. Визначити жирнокислотний склад ліпідів амаранту різних типів.

Використані методи досліджень. В роботі склад основних нутрієнтів зерна амаранту визначали стандартними загальноприйнятими методами. Визначення вмісту токоферолів

високоєфективною рідинною хроматографією [9], вміст неоміляємих речовин [8], жирнокислотний склад амарантової олії [10–11] та вміст сквалену на газовому хроматографі НР 6890 [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Амарант – одне з найбагатших джерел рослинного білка, олії та різних корисних складових. Його застосовують у вигляді крупи, пророщеному вигляді, а також виготовляють амарантове борошно та олію. Олія амаранту може мати ледь відчутний рибний запах завдяки присутності в тригліцеридах жирних кислот ряду омега-3.

Завдяки присутності в ліпідах зерна амаранту природного імуномодулятора сквалена, продукти, що містять амарантову олію, і, як наслідок, сквален в фізіологічно значній кількості, здатні впливати на організм людини, наприклад антиканцерогенну, протизапальну, протипухлинну та іншу дію.

При варінні крупинки отримані з зерна амаранту утворюють повітряні капсули, що лускають під час пережовування та смачно похрумскують. Білий вид зерна амаранта – найпоширеніший, найкраще підходить для приготування борошна з амаранту [1].

Беручи до уваги, що насіння амаранту переважно використовується в якості сировини у виробництві функціональних продуктів і БАД, для вибору перспективних типів насіння амаранту, провели дослідження складу нутрієнтів в зерні з різним забарвленням оболонки, вирішуючи питання про доцільність її відділення при розробці нових продуктів (таблиці 1).

Таблиця 1
Склад основних нутрієнтів у зерні амаранту, % на суху речовину

Найменування показників	Тип зерна		
	Білий	Рожевий	Чорний
Білки (N x 6,25)	16,0–18,50	15,50–18,10	13,54–16,30
Ліпіди	6,05–8,05	5,97–8,23	5,80–6,80
Крохмаль	59,6–63,2	59,9–63,3	60,0–63,4
Харчові волокна	6,10–8,62	6,90–8,90	8,70–10,90
Моно- и ди цукри	2,08–4,58	2,16–4,64	2,09–4,69
Зола	3,11–4,05	2,80–3,60	3,0–3,82

Аналіз отриманих даних (таблиця 1) свідчить, що в зерні амаранту переважають вуглеводи (більше 72 %), незалежно від забарвлення зерна вміст харчових волокон, моно- та дицукри, мінеральних речовин та крохмалю знаходиться на одному рівні.

Світлозабарвлене зерно відрізняється більшою концентрацією білка при підвищеній олійності (5,97–8,23 %) в порівнянні з темнозабарвленим. Оцінюючи біологічну ефективність, досліджували ліпідний комплекс зерна різних типів, порівнюючи склад біологічно активних компонентів (таблиця 2).

Таблиця 2

Біологічно активні компоненти ліпідів зерна амаранту

Тип зерна	Масова частка, %				
	неомилюємих речовин	токоферолів	фосфоліпідів	сквалена	стеролів
Біле	10,90-12,70	0,10-0,18	2,70- 2,85	8,30-8,70	4,60
Рожеве	8,90-9,30	0,14-0,16	3,14-3,64	6,14-6,60	3,70
Чорне	9,60-10,80	0,11-0,15	3,87-4,28	6,84-7,04	4,00

Завдяки присутності в ліпідах зерна амаранту природного імуномодулятора сквалена, продукти, що містять амарантову олію, а отже і сквален в фізіологічно значній кількості, здатні впливати на організм людини, наприклад здійснювати антиканцерогенну, протизапальну, протипухлинну дію.

Аналіз отриманих даних свідчить, що біле зерно за вмістом сквалену (8,30–8,70 %), стеролів (4,40–4,80 %) і токоферолів (0,10–0,18 %) перевершують рожеві і чорні.

Оцінюючи перспективи використання зерна амаранту для отримання олії, як окремого продукту, збагаченого біологічно активними компонентами, вивчали кількісний і якісний склад токоферолів, виділених з ліпідів білого амаранту, в порівнянні з рослинними оліями (таблиця 3).

Отримані дані свідчать, що амарантова олія за сумарним вмістом токоферолів наближається до соєвої олії, перевершує оливкову, арахісову та соняшникову (в 8,2; 3,0 і 2,5 рази відповідно). Такий суттєвий вміст токоферолів з антиоксидантною активністю (93 % від суми) підвищує

захисний потенціал організму людини, одночасно перешкоджаючи окисленню ліпідів.

Проте, жирнокислотний склад ліпідів амаранту різних типів відрізняється не настільки суттєво (таблиця 4).

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямку. Результати проведеного дослідження показали, що світлозабарвлене зерно відрізняється більшою концентрацією білка при підвищеній олійності (5,97–8,23 %) в порівнянні з темнозабарвленим. За вмістом сквалену (8,30–8,70 %), стеролів (4,40–4,80 %) і токоферолів (0,10–0,18 %) біле зерно перевершує вміст у рожевому і чорному.

Амарантова олія за сумарним вмістом токоферолів наближається до соєвої олії та перевершує оливкову, арахісову та соняшникову (в 8,2; 3,0 і 2,5 рази відповідно).

Аналіз жирнокислотного складу свідчить, що амарантова олія отримана з зерна різного типу не має суттєвих відмінностей.

Отримані результати в подальшому будуть спрямовані на розробку та удосконалення технології переробки зерна амаранту.

Таблиця 3

Вміст токоферолів в ліпідах амаранту і рослинних олій

Олія	Сума, мг/100г	α -токоферол		β + γ -токоферол		δ -токоферол	
		мг/100 г	% від суми	мг/100г	% від суми	мг/100 г	% від суми
Амарантова	106	8	7	75	71	23	22
Соєва*	114	10	9	67	59	37	32
Кукурудзяна*	93	11	12	75	80	7	8
Соняшникова*	42	39	93	1	2	2	5
Арахісова*	34	15	44	17	50	2	6
Оливкова*	13	12	92	1	8	0	0

* Для порівняння літературні данні.

Таблиця 4

Жирнокислотний склад амарантової олії з різного типу зерна

Найменування	Код	Вміст, % до суми жирних кислот		
		Світлого зерна	Рожевого зерна	Чорного зерна
Пальмітинова	C _{16:0}	19,2	20,0	21,2
Стеаринова	C _{18:0}	3,6	4,1	3,2
Ейкозанова	C _{20:0}	0,8	0,9	1,0
Всього:		23,6	25,0	25,4
Олеїнова	C _{18:1}	24,7	25,4	25,4
Лінолева	C _{18:2}	50,5	48,6	48,4
Ліноленова	C _{18:3}	1,2	1,0	0,8
Всього:		76,4	75,0	74,6

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Асоціації виробників амаранту та амарантової продукції. URL: <https://amaranth-association.com> (дата звернення 04.04.2025).
2. Kale P. [et al.] Antioxidant profile of black amaranth. *Open Agriculture Journal*, 2022. Vol 12(1), pp. 45–53.
3. Kaur N., Kaur H. Comparative analysis of pseudocereals: Nutritional properties and health benefits. *Nutrition Research Open*, 2020. Vol 8(3), pp 120–134.
4. Singh R., Singh S. Functional properties of millet in health food systems. *Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol 58(4), pp. 2001–2012.
5. Zhang L. [et al.] Rutin and quercetin contents in buckwheat: Antioxidant capacity and functional applications. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2019. Vol 21(3), pp. 456–463.
6. Янюк Т., Грюнвальд Н. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. Вип. 10(18), 2022, с. 179–192. URL: <https://doi.org/10.31073/10.31073/foodresou> (дата звернення 02.03.2025).
7. Ружицька Н. В., Сиротюк І. В., Акімов О. В., Молчанов М. Ю. Процеси комплексної переробки макухи амаранту. *Наукові праці. Одеський національний технологічний університет*. 2022. Т. 86, вип. 1. с. 112–118
8. ДСТУ ISO 3596:2004 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту неомілюваних речовин. Метод з використанням екстрагування діетиловим ефіром». (дата прийняття 28.10.2004) Київ ДП «УкрНДНЦ».
9. ДСТУ EN ISO 9936:2019 «Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту токоферолів та токотриєнолів вискоєфективною рідинною хроматографією». (дата прийняття 19.08.2019) Київ ДП «УкрНДНЦ».
10. ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири тваринні і рослинні та олії. Приготування метилових ефірів жирних кислот». (дата прийняття 18.09.2002). Київ: Держспоживстандарт.
11. ДСТУ ISO 5508-2001 «Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот». (дата прийняття 28.12.2001). Київ : Держспоживстандарт України.
12. Кіщенко В. А., Левчук І. В., Осейко М. І., Голубець О. В., Литвиненко О. А. Визначення сквалену – унікального фітостерину ліпідів методом газорідинної хроматографії. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. X : НТУ «ХПІ». 2013. № 11(985). с. 137–141.

REFERENCES

1. Sait Asotsiatsii vyrobnykiv amarantu ta amarantovoi produktsii. [Amaranth and Amaranth Products Association website]. Retrieved from: <https://amaranth-association.com> (data zvernennia 04.04.2025). [in Ukrainian].
2. Kale, P. [et al.] (2022). Antioxidant profile of black amaranth. *Open Agriculture Journal*, (Vol 12(1), pp 45–53.)
3. Kaur, N., & Kaur, H. (2020). Comparative analysis of pseudocereals: Nutritional properties and health benefits. *Nutrition Research Open*. (Vol 8(3), pp 120–134.)
4. Singh, R., & Singh, S. (2021). Functional properties of millet in health food systems. *Journal of Food Science and Technology*. (Vol 58(4), pp 2001–2012)
5. Zhang, L. [et al.] (2019). Rutin and quercetin contents in buckwheat: Antioxidant capacity and functional applications. *Journal of Agricultural Science and Technology*. (Vol 21(3), pp 456–463) [in Ukrainian].
6. Yaniuk, T., & Hriunvald, N. (2022). Vyrobnytstvo amarantu v Ukraini: stan i perspektyvy. *Prodovolchi resursy*. (Vol 10(18), pp. 179–192. Retrieved from <https://doi.org/10.31073/10.31073/foodresou> (accessed 02.03.2025). [in Ukrainian].
7. Ruzhytska N. V., Syrotiuk I. V., Akimov O. V., Molchanov M. Iu. (2022). Protsesy kompleksnoi pererobky makukhy amarantu. [Processes of complex processing of amaranth cake]. *Naukovi pratsi. Odeskyi natsionalnyi tekhnolohichnyi universytet*. – [Scientific works. Odessa National Technological University]. (Tom 86, vyp. 1, pp. 112–118) [in Ukrainian].
8. DSTU ISO 3596:2004 “Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Vyznachannia vmistu neomyliuvanykh rehovyn. Metod z vykorystanniam ekstraktsii dietylovym efirom”. [Animal and vegetable fats and oils. Determination of unsaponifiable matter content. Method using extraction with diethyl ether]. [in Ukrainian].
9. DSTU EN ISO 9936:2019 “Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Vyznachannia vmistu tokoferoliv ta tokotrienoliv vyskoefektyvnoiu ridynnoiu khromatohrafiieiu”. [Animal and vegetable fats and oils. Determination of tocopherols and tocotrienols content by high-performance liquid chromatography]. [in Ukrainian].
10. DSTU ISO 5509-2002 “Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Pryhotuvannia metylovykh efirov zhyrnykh kyslot”. [Animal and vegetable fats and oils. Preparation of fatty acid methyl esters]. [in Ukrainian].
11. DSTU ISO 5508-2001 “Zhyry ta olii tvarynni i roslynni. Analizuvannia metodom hazovoi khromatohrafii metylovykh efirov zhyrnykh kyslot”. [Animal and vegetable fats and oils. Analysis of fatty acid methyl esters by gas chromatography]. [in Ukrainian].
12. Kishchenko, V.A., Levchuk, I. V., Oseiko, M. I., Holubets, O. V., & Lytvynenko, O. A. (2013). Vyznachennia skvalenu – unikalnoho fitosterynu lipidiv metodom hazoridynnoi khromatohrafii [Determination of squalene – a unique phytosterol of lipids by gas-liquid chromatography]. *Visnyk NTU “KhPI”*. Serii: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh – *Bulletin of NTU “KhPI”*. Series: New solutions in modern technologies. Kh : NTU “KhPI”. (11 (985). – pp. 137–141.) [in Ukrainian].

S. Shylko, Postgraduate Student; **V. Bakhmach**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (National University of Food Technologies). **Biochemical composition and technological aspects of processing amaranth grain of different types**

Abstract. Amaranth, due to its protein content, biologically useful compounds and healthy fats, is a promising crop for expanding the range of healthy food products, as well as the production of functional food products. However, the technological aspects of its processing and the influence of different types of seeds on biochemical indicators remain insufficiently studied. The development of scientific and practical foundations of a comprehensive, deep technology for processing amaranth grain is aimed at significantly reducing the deficit of protein and other valuable substances in the diet of the population, at actively replacing other grain products with it and developing the potential of the domestic agro-industrial complex. Comprehensive, deep processing of amaranth grain to obtain high-quality protein, protein-carbohydrate and protein-lipid products requires the development of theoretical and experimental studies to substantiate the resources of preserving technologies based on maximum fractionation and purification of the main biochemical elements. chemical potential of the starting raw materials.

The work investigated the nutrient composition of amaranth of different types. It was found that light-colored grain has the highest concentration of protein and squalene, as well as increased oil content (5.97–8.23 %). Assessing biological effectiveness, the lipid complex of grain of different types was studied, comparing the composition of biologically active components. Analysis of the obtained data shows that white grain in terms of squalene content (8.30–8.70 %), sterols (4.40–4.80 %) and tocopherols (0.10–0.18 %) surpasses pink and black. Amaranth oil in terms of total tocopherol content approaches soybean oil, surpasses olive, peanut and sunflower oil (by 8.2; 3.0 and 2.5 times, respectively). The predominance of tocopherols with antioxidant activity in it (93 % of the total) increases the protective potential of the body, while preventing lipid oxidation. The results obtained will be used in the future in the study of the technology of deep processing of amaranth grains.

Key words: amaranth grain, oil, tocopherols, squalene, processing technology.