

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-2-9

Оригінальна наукова стаття

УДК 582.663(292.485)

**ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ В ОЛІЇ СОРТІВ АМАРАНТУ
ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ****М. Л. Тирусь¹, В. В. Лихочвор¹, Ю. М. Оліфір²**

¹Львівський національний
університет природокористування
вул. В. Великого, 1, м. Дубляни
Львівського р-ну Львівської обл.,
80381

²Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине
Львівського р-ну Львівської обл.,
81115

Про авторів:

Марія ТИРУСЬ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-9882-9540

Володимир ЛИХОЧВОР,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0003-0377-6157

Юрій ОЛІФІР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-7920-1854

Для листування:

Марія ТИРУСЬ
e-mail: tyrusmaria0408@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

7 жовтня 2024 р.

Погоджено до друку:

29 жовтня 2024 р.

Амарант є перспективною культурою для харчової, фармацевтичної та косметичної промисловості завдяки своєму унікальному хімічному складу. Його якісні показники залежать від виду, сорту та зони вирощування. У статті подано матеріали досліджень, які проведено у 2019–2022 рр. на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування на темно-сірому опідзоленому ґрунті. В умовах достатнього зволоження вивчали вміст жирних кислот у шести сортів амаранту: Студентський, Харківський 1, Лера, Ультра, Ацтек та Сем. Всі сорти амаранту мали майже однаковий склад за основними жирними кислотами. Найвищим у них був відсоток лінолевої кислоти (омега-6), залежно від сорту – 40,2–51,8 %, меншим – олеїнової (омега-9) – 25,6–37,1 % і найменшим – пальмітинової – 17,6–19,2 %. Вищий вміст лінолевої кислоти виявили у сортів Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що більше порівняно з іншими на 7–11 %. Найбільшою часткою цінної олеїнової кислоти характеризувалися сорти Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), переважаючи інші на 9–11 %. Вміст пальмітинової кислоти був значно нижчий, ніж лінолевої та олеїнової, і мало залежав від сорту, коливаючись у невеликому діапазоні – 17,6–19,2 %. Відсоток ліноленової кислоти (омега-3) був низьким, у межах 0,4–1,3 %. Також виявлено невелику кількість арахідонової та ейкозенової кислот.

Ключові слова: амарант, сорти, вміст жирних кислот.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Тирусь М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М., 2024

The content of fatty acids in the oil of amaranth varieties grown in the conditions of the Western Forest-Steppe

¹Lviv National Environmental University
Volodymyra Velykoho street 1,
Dubliany, Lviv district, Lviv region,
80381

²Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne
village, Lviv district, Lviv region,
81115

About authors:

Mariia TYRUS
ORCID: 0000-0002-9882-9540

Volodymyr LYKHOCHVOR
ORCID: 0000-0003-0377-6157

Yurii OLIFIR
ORCID: 0000-0002-7920-1854

For corresponding:

Mariia TYRUS
e-mail: tyrusmariia0408@gmail.com

Funding information:

Ministry of Education and Science
of Ukraine

Received:
October 7, 2024
Accepted:
October 29, 2024

Amaranth is a promising crop for the food, pharmaceutical and cosmetic industries due to its unique chemical composition. Its quality indicators depend on the species, variety of amaranth and the area of its cultivation. The article presents research materials conducted in 2019–2022 at the research field of the Department of Technologies in Plant Breeding of the Lviv National University of Nature Management on dark-gray podzolized soil. Under conditions of sufficient moisture, the content of fatty acids in six varieties of amaranth was studied: Studentskyi, Kharkivskyi 1, Liera, Ultra, Aztec, and Sem. All varieties of amaranth had almost the same composition in terms of main fatty acids. They had the highest content of linoleic acid (omega-6), depending on the variety – 40.2–51.8 %, lower content of oleic acid (omega-9) – 25.6–37.1 %, and the lowest content of palmitic acid – 17.6–19.2 %. Among the varieties, the highest content of linoleic acid was found in Aztec (51.8 %), Ultra (49.6 %) and Liera (47.1 %), which is 7–11 % higher than in other varieties. Kharkivskyi 1 (37.1 %), Studentskyi (36.7 %) and Sem (35.8 %) varieties were characterized by the highest content of valuable oleic acid, prevailing over other varieties by 9–11 %. The content of palmitic acid was much lower than that of linoleic and oleic acid, and the percentage of this acid depended little on the variety, varying in a small range – 17.6–19.2 %. The content of linolenic acid (omega-3) was low, in the range of 0.4–1.3 %. Small amounts of arachidonic and eicosenoic acids were also detected.

Keywords: amaranth, varieties, content of fatty acids.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Серед культурних амарантів види *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* і *Amaranthus hypochondriacus* мають найвищу харчову цінність. Вони перспективні для фармацевтичної промисловості і виробництва багатьох функціональних продуктів харчування завдяки унікальному хімічному складу. У зерні міститься 14 % білка, 7 % ліпідів, 65 % вуглеводів, 7 % харчових волокон, 3 % золи, 11 % води [25].

Дуже цінною є і олія амаранту. Унікальний склад робить її корисним інгредієнтом у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості [24]. Амарантова олія має багатий склад корисних речовин. Більшу частину (понад

70 %) становлять ненасичені жирні кислоти, як-от: лінолева, олеїнова, ліноленова, арахідонова та пальметолеїнова. Олія також містить значну кількість фосфоліпідів (більше ніж 9 %), серед яких переважає фосфатидилхолін. Крім того, в амарантовій олії присутній сквален (понад 8 %), вітамін Е (близько 2 %), фітостероли (більше ніж 2 %), а також каротиноїди, які є попередниками вітаміну А. До складу входять також вітамін D та жовчні кислоти. Олія багата на різноманітні мінерали, включаючи калій, залізо, фосфор, кальцій, магній та мідь, серед інших макро- і мікроелементів [6].

Склад жирних кислот у рослинних оліях є ключовим фактором, що визначає їх застосування в різних сферах. У харчуванні олії з високим вмістом ненасичених жирних кислот вважаються більш корисними для здоров'я людини, оскільки можуть сприяти зниженню рівня холестерину та ризику серцево-судинних захворювань. У фармакології певні жирні кислоти мають терапевтичні властивості, що робить їх цінними для виробництва ліків та харчових добавок. У промисловості різні типи жирних кислот надають оліям специфічні властивості, важливі для виробництва косметики, мастильних матеріалів, фарб тощо. Головна перевага рослинних олій полягає в наявності ненасичених жирних кислот, особливо поліненасичених, таких як омега-3 та омега-6. Ці кислоти є незамінними, тобто не синтезуються в організмі, і повинні надходити з їжею. Вони беруть участь у важливих метаболічних процесах, мають протизапальні властивості, сприяють здоров'ю серця, мозку та інших органів. Таким чином, склад жирних кислот не лише визначає сфери застосування олій, але й їх цінність для здоров'я людини [11].

Жири відіграють важливу роль у забезпеченні організму енергією, будучи одним із ключових харчових компонентів. Світ жирних кислот надзвичайно різноманітний – їх налічують понад 200 видів. Людське тіло має здатність самостійно виробляти багато жирних кислот. Однак існують винятки – поліненасичені жирні кислоти, зокрема лінолева (відома як омега-6) та альфа-ліноленова (омега-3). Ці кислоти організм не може синтезувати самостійно, тому вони мають надходити з їжею щодня.

Цікаво зазначити, що в сучасному раціоні наявний дисбаланс між цими двома важливими кислотами. Омега-6 зазвичай присутня в надлишку в багатьох продуктах, які ми споживаємо. Натомість омеги-3 часто бракує в раціоні більшості людей, що створює значний дефіцит цієї важливої кислоти. Це свідчить про потребу приділяти особливу увагу включенню

джерел омеги-3 у щоденне харчування для підтримки оптимального балансу жирних кислот в організмі [13].

Омега-3 включає три основні кислоти: альфа-ліноленову, докозагексаєнову та ейкозапентаєнову. Вони мають важливе значення для здоров'я людини, виконуючи три ключові функції. По-перше, діють як біорегулятори, створюючи основу для ейкозаноїдів – гормоноподібних речовин, які керують різними біохімічними процесами в організмі. По-друге, виконують структурну роль, будучи компонентами клітинних мембран, особливо в мозку, кровоносних судинах, серці та очах. Нарешті, омега-3 жирні кислоти слугують важливим джерелом енергії для організму, виконуючи енергетичну функцію [10].

Омега-3 жирні кислоти сприяють зниженню загального рівня холестерину, зменшуючи кількість "поганого" холестерину (ЛПНЩ) і збільшуючи "добрий" холестерин (ЛПВЩ). Поширені рослинні олії, такі як соняшникова та кукурудзяна, майже не містять омеги-3. Оливкова олія, яку часто вважають однією з найкорисніших, не містить омеги-3 і має низький вміст омеги-6. Найбагатшими джерелами омеги-3 серед рослинних олій є лляна та рижієва. Менший, але все ще значний вміст омеги-3 мають олії з конопель, ріпаку, сої та амаранту [10].

Омега-6 включає три основні жирні кислоти: лінолеву, арахідонову та гамма-ліноленову. Ця група має корисні лікувальні властивості, допомагаючи при артриті, атеросклерозі, розсіяному склерозі та шкірних захворюваннях. Омега-6 знижує рівень шкідливого холестерину та зменшує інтенсивність запалень. Вона також підтримує здорове функціонування мозку. Однак важливо зазначити, що позитивний вплив омеги-6 проявляється лише за умови балансу з омегою-3. Саме дотримання оптимального співвідношення між цими двома типами жирних кислот є ключовим у реалізації їх корисних властивостей для організму [10].

Олеїнова кислота належить до групи омега-9, є компонентом кожної клітини та виконує численні функції: знижує ризик цукрового діабету, регулює рівень холестерину, підвищуючи “добрий” холестерин (ЛПВЩ), підтримує здоров'я судин та імунної системи, запобігає ожирінню, нормалізує метаболізм і синтез гормонів. Вживання продуктів, багатих на омега-9, може слугувати профілактикою тромбозів, раку та діабету. Важливо відзначити, що людський організм здатний самостійно синтезувати омега-9, але для цього потрібна наявність достатньої кількості омега-3 та омега-6 жирних кислот [10, 28].

Пальмітинова кислота ($C_{16:0}$) відіграє ключову роль у харчуванні немовлят. У грудному молоці вона становить найбільшу частку серед усіх жирних кислот, приблизно 25 %, і є головним джерелом енергії. Через це важливе значення виробники дитячих молочних сумішей додають до них жирові компоненти, які перетворюються на пальмітинову кислоту. Мета – досягти такої ж її кількості, як у грудному молоці. Пальмітинова кислота міститься у різних природних продуктах, найбагатшим серед яких є пальмова олія, де її вміст сягає приблизно 45 %. Інші значні джерела включають жир коров'ячого молока, какао-олію, бавовняну олію, сало та тваринний жир, де частка пальмітинової кислоти становить близько 25–26 % [10, 30].

Вміст жиру в зерні амаранту варіюється і впливає на його якість та застосування. Зазвичай цей показник становить 4–5 %, а зерно з 6 % жиру вважають більш якісним. Сорти з вмістом жиру понад 7 % класифікують як високоолійні. Амарант з 9–10 % жиру трапляється рідко. Такі сорти зазвичай використовують не для звичайного споживання, а спеціально для виробництва олії та отримання сквалену. Це пов'язано з винятково високим вмістом жиру, що робить їх особливо цінними для цих конкретних цілей [8].

Є різні експериментальні дані щодо цього показника. Вміст олії в сортах амаранту коливався від 4,57 до 5,55 % [15]. Відсоток жиру становив 7,2 % [20]. За іншими даними, він залежав від виду амаранту: *A. cruentus* – 5,6–8,1 %, *A. hypochondriacus* – 6,1–7,3 %, *A. caudatus* – 5,8–10,9 % [19]. У деяких дослідженнях виявлено більші параметри, вміст олії був на рівні 8 % [32].

Завдяки наявності сквалену та токоферолів, які діють як антиоксиданти, амарантова олія має високу стійкість до окислення. У середньому в ній міститься 21,3 % пальмітинової кислоти, 28,2 % олеїнової та 46,5 % лінолевої [12].

У наших дослідженнях найвищий вміст олії був у сорту Ацтек – 8,2 %. Високі показники виявлено також в насінні сортів Студентський та Харківський 1, де вони становили відповідно 7,6 та 7,8 %. Найнижчий вміст олії був у сорту Ультра, лише 5,0 %, що менше на 3,2 % порівняно з сортом Ацтек. Завдяки високій врожайності вихід олії з 1 га був найвищий у сорту Харківський 1, незважаючи на те, що він поступався сорту Ацтек. Найнижчим вихід олії з 1 га був у сорту Ультра [27].

У науковій літературі можна знайти різні показники вмісту жирних кислот в амаранті. За даними дослідників [5], в олії амаранту переважають ліолева, олеїнова, пальмітинова жирні кислоти. Подібні результати одержано у дослідженнях [22], найбільший вміст в амаранті мали ті ж жирні кислоти: олеїнова, ліолева. Зазначено, що олії містять 70 % олеїнової та лінолевої кислоти, 2,0 % стеаринової, 1 % ліноленої [2]. Такі ж показники подано в інших дослідженнях: вміст лінолевої – 49,2 %, олеїнової – 14,6 %, пальмітинової – 6,2 %, стеаринової – 2,0 %, ліноленої кислоти – 1,6 % [3]. Основними жирними кислотами в усіх досліджених оліях амаранту були ліолева (36,7–55,9 %), олеїнова (18,7–38,9 %) та пальмітинова (19,1–23,4 %) [28]. Подібні дані наведено в іншому джерелі: частка лінолевої кислоти – 51,5–53,5 %, олеїнової – 14,8–18,4 %,

пальмітинової – 15,7–17,1 %, стеаринової – 3,6–4,1 % [32]. У дослідженнях [14] вміст лінолевої кислоти становив 39,7 %, олеїнової – 30,65 %, пальмітинової – 12,03 %.

Вказано, що найбільше в олії амаранту міститься лінолевої кислоти (до 50 %), частка пальмітинової становить 20,0–27,0 %, олеїнової – 21,8–23,3 %, лінолевої – 44,1–51,2 % [7].

Про переважання в олії амаранту лінолевої та олеїнової кислот стверджують також в інших дослідженнях. За даними M. Szabóová et al., вміст жирних кислот був таким: лінолевої (C_{18:2}) – 39,7–46,0 %, олеїнової (C_{18:1}) – 26,3–33,1 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 19,7–20,1 %, стеаринової (C_{18:0}) – 3,4–3,7 %, альфа-ліноленової (C_{18:3}) – 0,7–0,8 %, арахідонової – 0,5 %, ейкозенової – 0,3 % [15].

Такі ж дані одержано в дослідженнях [21]. Лінолева кислота становить понад 50 % від загальної кількості жирних кислот і тому є найпоширенішою серед них. Менший відсоток займають олеїнова (понад 25 %), пальмітинова (близько 20 %) і ліноленова (близько 1 %) [21].

У олії амаранту виду *A. cruentus* виявлено високий вміст незамінних жирних кислот n-6 (лінолевої) та n-9 (олеїнової). Частка лінолевої кислоти становила від 19 до 34 %, олеїнової – від 29 до 36 % і альфа-ліноленової – від 0,3 до 0,5 % [23].

За іншими даними, в олії всіх видів амаранту (*A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. dubius*) найбільше міститься лінолевої (C_{18:2}) кислоти – 34–56 %, олеїнової (C_{18:1}) – 15–39 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 12–27 % [12].

Майже в усіх дослідженнях вказано, що найвищим є вміст лінолевої жирної кислоти (43,2–55,5 %). Рівень олеїнової становив 23,5–34,0 %, пальмітинової – 20,1 %, стеаринової – 2,1–2,3 %, ліноленової – 0,2–0,6 % [1]. Подібні результати одержали інші вчені. Так, вміст лінолевої знаходився в межах 39,4–49,1 %,

олеїнової – 22,8–31,5 %, пальмітинової – 21,4–23,8 % [26]. Частка лінолевої кислоти становила 38–62 %, олеїнової – 20–33 %, ліноленової – 1,1 % [29].

Вміст жирних кислот у сирому насінні виду *A. hypochondriacus* залежно від сорту становив: лінолевої (C_{18:2}) – 45,33–46,45 %, олеїнової (C_{18:1}) – 29,41–31,60 %, пальмітинової (C_{16:0}) – 15,45–18,61 %, стеаринової (C_{18:0}) – 1,8–11,9 %, ліноленової (C_{18:3}) – 1,14–1,56 %, арахідонової (C_{20:4}) – 0,51–1,19 % [16].

Дослідники виявили відмінності у хімічному складі рослин залежно від кліматичних умов їх вирощування. У південних широтах зерно характеризується більшим вмістом насичених жирних кислот. Це може бути пов'язано з адаптацією рослин до вищих температур та інтенсивнішого сонячного випромінювання. Натомість у північних регіонах спостерігається інша тенденція: у зерні переважають моно- та поліненасичені жирні кислоти. Така особливість може бути результатом пристосування рослин до холоднішого клімату. Ця відмінність у складі жирних кислот впливає на властивості та використання олій, отриманих у різних кліматичних зонах [6].

Підтвердженням цього є вивчення хімічного складу амаранту залежно від походження. В олії з Індії переважали олеїнова (38,7 %), пальмітинова (38,4 %) та лінолева (6,8 %) жирні кислоти. В олії з Туреччини містилося більше пальмітинової (33,1 %), олеїнової (31,7 %) та лінолевої (22,6 %) кислоти [9].

За іншими даними, склад жирних кислот в олії, отриманій з насіння амаранту, найбільшою мірою залежав від сортових ознак, а потім визначався погодними умовами в роки досліджень та рівнем внесення азотних добрив [31].

Вміст лінолевої кислоти у сорті червоного амаранту (46,39 %) був орієнтовно на 10 % вищий, ніж у білому (35,73 %) та коричневому (36,55 %). Підвищений рівень лінолевої кислоти в червоному амаранті компенсується

зниженням частки олеїнової кислоти на 10 % порівняно з іншими сортами. Вміст пальмітинової кислоти в амарантах знаходився в діапазоні 20,81–21,09 %, тобто без статистичної різниці між сортами [18].

В умовах Узбекистану в сортів Харківський 1, Лера і Геліос відсоток пальмітинової кислоти теж мало залежав від сорту і був майже однаковим – відповідно 23,19; 22,60 та 22,80 %. За кількістю олеїнової кислоти переважав сорт Харківський 1 – 31,31 %, тоді як у сорту Лера цей показник становив 24,67 %, а Геліос – 28,80 %. Найвищий рівень лінолевої кислоти (47,01 %) виявили у сорту Лера, у сорту Геліос він становив 42,83 % і Харківський 1 – 40,16 %. Вміст лінолевої кислоти коливався залежно від сорту в межах 1,17–1,65 % [13].

Частка жирних кислот залежала також від виду амаранту. В олії *A. cruentus* містилося 16–27 % пальмітинової кислоти, 20–39 % олеїнової та 34–47 % лінолевої. У *A. caudatus* вміст пальмітинової кислоти становив 12–20 %, олеїнової – 24–33 %, лінолевої – 36–50 %. У виду *A.*

hypochondriacus вміст жирних кислот був таким: пальмітинової – 18–24 %, олеїнової – 16–34 %, лінолевої – 39–52 %. В *A. hybridus* частка пальмітинової кислоти коливалася в межах 19–22 %, олеїнової – 19–26 % і лінолевої – 47–56 % [12].

За даними Н. Б. Гудковської, жирнокислотний склад зерна амаранту був таким. *Насичені* жирні кислоти представлені пальмітиновою (C_{16:0}) – до 21 %, стеариною (C_{18:0}) – 3,33–3,90 %, арахідоною (C_{20:0}) – до 0,82 %, бегеновою (C_{22:0}) – до 0,30 % та лауриною (C_{14:0}) – 0,10–0,18 %; *мононенасичені* – в основному олеїновою кислотою (C_{18:1}) – до 40 %, пальметолеїновою (C_{16:1}) – 0,47–0,69 %, ейкозеновою (C_{20:1}) – до 0,35 %. Більшість *поліненасичених* жирних кислот становить лінолева (C_{18:2}) – до 50 %, також входить ліноленова (C_{18:3}) – до 1,26 % [6]. Способи та строки сівби майже не впливали на жирнокислотний склад зерна амаранту.

У дослідженнях [2] біохімічний склад олії амаранту був таким (табл. 1). Найбільшу частку також займала лінолева кислота.

1. Біохімічний склад олії амаранту сорту Ультра (за даними Т. І. Гопцій та ін.)

Показник	Значення
Кислотне число, мг КОН	5,4
Перекисне число, ммоль/кг	9,56
Йодне число, мг I ₂	131,74
Сквален, %	11,25
Токофероли, %	0,28
Жирні кислоти, %	87,16
олеїнова	32,24
лінолева	39,12
ліноленова	0,27
пальмітинова	15,06

Матеріали і методи.

Експериментальну роботу проводили у 2019–2022 рр. Амарант вирощували на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського НУП. Ґрунт – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, характеризується такими показниками: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 2,10 %, рН – 6,08, легкогідролізного азоту – 110 мг/кг ґрунту,

рухомих форм фосфору (за методом Чирикова) – 128 мг/кг ґрунту, рухомих форм калію (за Чириковим) – 114 мг/кг ґрунту.

Вивчали шість сортів: Студентський, Харківський 1, Лера, Ультра, Ацтек та Сем.

Технологія вирощування. Попередник амаранту – пшениця озима. Після збирання попередника поле дискували і проводили зяблеву оранку. Восени під оранку внесли

фосфорні і калійні добрива – $P_{60}K_{120}$. Навесні, за першої можливості увійти в поле, було зроблено закриття вологи з наступними двома культивуваннями. Передпосівний обробіток ґрунту проводили на глибину загортання насіння за допомогою комбінованого знаряддя «Компактор». Азотні добрива (N_{160}) внесли навесні під передпосівний обробіток ґрунту. Сіяли рядковим способом на глибину 2 см 25 квітня в усі три роки досліджень. Норма висіву становила 0,4 млн шт./га. Використовували сівалку «Хорш Пронто 4 ДС». Збирання амаранту проводили у два етапи: скошування – у фазі повної стиглості насіння в нижній і середній частинах волоті, після підсихання волоті обмолочували.

Відбір зразків насіння амаранту та підготовку їх до аналізування проводили згідно з ДСТУ ISO 542:2006, ДСТУ 4601:2006, ДСТУ ISO 664:2007, ДСТУ ISO 5509:2002.

Загальний вміст олії в насінні амаранту визначали за масою сухого знежиреного залишку з використанням стандартизованого еталонного методу в апараті Сокслета шляхом екстракції на водяній бані протягом 8–10 год. Як органічний розчинник застосовували петролейний ефір з температурою кипіння 40–65 °С (ДСТУ 7577:2014).

Визначення жирнокислотного складу олії амаранту проводили модифікованим методом Пейскера газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот на хроматографі «CHROM-5» (Чехія) з полум'яно-іонізаційним детектором в ізотермічному режимі. Умови хроматографування: скляні колонки розміром 3,5 м, внутрішнім діаметром 3 мм, заповнені сорбентом Chromosorb WAW 100–120 mesh із нанесеною сумішшю стаціонарних фаз SP-2300 2 %, SP-2310 3 %. Швидкість проходження газу 35 мл/хв, повітря – 300 мл/хв, газ-носії – азот. Температура колонки – 200 °С, випаровувача – 230 °С, полум'яно-іонізаційного детектора – 240 °С. Швидкість діаграмної стрічки – 200 мм/год,

чутливість шкали – 10-9А, об'єм проби, яку вносили, – 5 мкл. Ідентифікували жирні кислоти за піками на газовій хроматограмі, порівнюючи час їх утримання з часом утримання піків стандартних чистих речовин з відомим якісним та кількісним складом. Кількісну оцінку спектра жирних кислот проводили методом нормування площин піків етилованих похідних та визначали їхній склад у відсотках (ГОСТ 30418-96).

Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою програм Microsoft Excel і «Statistica 6.0».

Результати та обговорення.

Завданням досліджень було встановити вміст жирних кислот в олії сортів амаранту за вирощування їх в умовах достатнього зволоження Західного Лісостепу України.

Аналіз частки жирних кислот в олії амаранту показав, що сорт має значний вплив на цей показник. Так, найбільший рівень важливої олеїнової кислоти (омега-9) був у сортів Харківський 1, Студентський та Сем – відповідно 37,1; 36,7; 35,8 % (табл. 2). Коефіцієнт кореляції засвідчив помірний негативний зв'язок – $r = -0,42$. Меншим вмістом (29,3 %) цієї кислоти характеризувався сорт Лера, і найменше її було у сортів Ультра (26,8 %) та Ацтек (25,6 %). Різниця за цим показником між сортами Харківський 1 та Ацтек становила 11,5 %.

За рівнем лінолевої кислоти (омега-6) спостерігали протилежну закономірність. У сортів Студентський, Харківський 1 та Сем відсоток лінолевої кислоти був нижчим – відповідно 40,8; 40,9; 41,2 %. Сорти Ацтек, Ультра та Лера мали підвищений вміст цієї кислоти – 51,8; 49,6; 47,1 %. Коефіцієнт кореляції засвідчив дуже слабкий вплив – $r = 0,02$.

Сорт майже не мав впливу на рівень пальмітинової кислоти. Він коливався у невеликому діапазоні – від 17,6 до 19,2 %. Коефіцієнт кореляції засвідчив помірний негативний зв'язок – $r = -0,42$. Така ж закономірність була характерна для вмісту лінолевої кислоти, який змінювався від 1,0 до 1,3 %. Лише у сорту Ацтек частка

лінолевої кислоти була удвічі меншою порівняно з іншими сортами. Коефіцієнт

кореляції засвідчив помірний вплив – $r = 0,41$.

2. Вміст жирних кислот в олії амаранту залежно від сорту, середнє за 2019–2021 рр., %

Сорт	Лінолева	Олеїнова	Пальмітинова	Ліноленова
Студентський	40,8	36,7	18,2	1,3
Харківський 1	40,9	37,1	17,6	1,3
Лера	47,1	29,3	19,2	1,1
Ультра	49,6	26,8	18,7	1,0
Ацтек	51,8	25,6	18,5	0,4
Сем	41,2	35,8	17,8	1,2

Для подальших досліджень у 2020–2022 рр. було вибрано сорт Харківський 1 з найкращою якістю олії. Визначали не тільки частку трьох основних жирних кислот, а також інших з меншим їх вмістом. Результати майже не відрізнялися від попередніх досліджень. У середньому за три роки найвищим був рівень лінолевої кислоти – 40,2 % (табл. 3). Вміст олеїнової кислоти становив 37,0 %, а пальмітинової –

17,2 %. Стеаринова жирна кислота містилася в олії амаранту в кількості 3,1 %, ліноленова – 1,2 %. Частка інших кислот була значно нижчою. Так, показник арахідонової кислоти становив лише 0,6 %, а ейкозенової – 0,2 %. Рівень жирних кислот майже не залежав від гідротермічних умов року, змінюючись у межах 1–3 %.

3. Вміст жирних кислот у олії амаранту сорту Харківський 1, %

Жирні кислоти	Роки			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Лінолева, C _{18:2} , омега-6	39,6	40,6	40,4	40,2
Олеїнова, C _{18:1} , омега-9	36,5	37,4	37,1	37,0
Пальмітинова, C _{16:0}	17,0	17,4	17,2	17,2
Стеаринова, C _{18:0}	3,0	3,2	3,1	3,1
Ліноленова, C _{18:3} , омега-3	1,2	1,2	1,2	1,2
Арахідонова, C _{20:4}	0,6	0,6	0,6	0,6
Ейкозенова, C _{20:1}	0,2	0,2	0,2	0,2
НІР ₀₅ , %	4,36	6,55	3,60	

Подібні результати одержано у дослідженнях Т. І. Гопцій та ін. [2]: вміст лінолевої кислоти становив 38,00 %, олеїнової – 35,70 %, пальмітинової – 21,57 %, стеаринової – 3,42 %, ліноленової – 1,02 %. Серед досліджуваних видів (*A. caudatus*, *A. mantegazzianus*, *A. hybridus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*) найкращу якість олії відзначено в *A. hypochondriacus*, де найвищий вміст олеїнової кислоти і найнижчий пальмітинової порівняно з іншими видами.

Жирнокислотний склад олії амаранту, вирощеного на Півдні України, подано також в іншій праці. Олія амаранту складається в основному з трьох кислот: пальмітинової, олеїнової та лінолевої. У сорту Харківський 1 вміст жирних кислот був таким: олеїнової – 40,16 %, лінолевої – 36,31 %, пальмітинової – 21,56 %, стеаринової – 1,48 %, ліноленової – 0,48 %, ейкозенової – 0,17 %. З усіх зразків Харківський 1 суттєво вирізняється в бік зменшення частки лінолевої кислоти (до 36,31 %). Усі інші містять 45–48 %

лінолевої кислоти в олії. Друга за кількістю – олеїнова кислота (27–40 %). Відповідно достовірно вирізняється високим вмістом (40,16 %) сорт Харківський 1. Рівень пальмітинової кислоти в олії амаранту становив 18,67–22,50 % [4].

У дослідженнях, проведених у Словаччині, ліолева, пальмітинова та олеїнова кислоти теж домінували в усіх зразках олії. Рівень лінолевої кислоти становив 33,3–38,7 % (*A. cruentus*) та 31,7–47,5 % (*A. hypochondriacus*) у 2010 р. та 34,6–39,9 % (*A. cruentus*) і 34,1–44,5 % (*A. hypochondriacus*) у 2011 р. Також спостерігали менший вміст стеаринової, α -ліноленової та арахідонової кислоти. Ейкозенова та бегенова кислоти були присутні у невеликих кількостях [17].

Список використаної літератури

1. Азотовмісний складник та жирнокислотний склад насіння різних сортів амаранту / В. В. Любич та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. № 30. С. 112–118. DOI: 10.47414/np.30.2022.268938.
2. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування : монографія / Т. І. Гопцій та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
3. Валентюк Н. О. Удосконалення технології післязбиральної обробки та зберігання зерна амаранту : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02. Одеса, 2019. 23 с.
4. Ведмедєва К. В., Махова Т. В., Левченко В. І. Перспективи використання амаранту *Amaranthus caudatus* як олійної культури на Півдні України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 31. С. 33–45. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-04.
5. Высочина Г. И. Амарант (*Amaranthus*): химический состав и перспективы использования. *Химия растительного сырья*. 2013. № 2. С. 5–14.
6. Гудковська Н. Б. Жирнокислотний склад зерна амаранту, вирощеного в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2017. № 21. С. 76–84.
7. Резніченко В. П., Андрієнко О. О., Васильковська К. В. Нові виклики часу – пластичні культури для зони ризикованого землеробства. *Topical aspects of modern science and practice : abstracts of I International scientific and practical conference*, 21–24 September. Frankfurt am Main, 2020. С. 41–44. URL: <https://isg-konf.com/topical-aspects-of-modern-science-and-practice-en/> (last accessed: 10.06.2024).

Висновки. Всі сорти амаранту мали найвищий вміст лінолевої кислоти (40,2–51,8 %), олеїнової (25,6–37,1 %) та пальмітинової (17,6–19,2 %). Вищий відсоток лінолевої кислоти був у сортів Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що більше порівняно з іншими на 7–11 %. Найбільшим вмістом олеїнової кислоти характеризувалися сорти Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), переважаючи інші на 9–11 %.

Частка пальмітинової кислоти була значно нижчою, ніж лінолевої та олеїнової, і мало залежала від сорту, коливаючись у невеликому діапазоні (17,6–19,2 %).

Рівень ліноленової кислоти був низьким, у межах 0,4–1,3 %. Також виявлено невелику кількість арахідонової та ейкозенової кислот.

References

1. Nitrogen-containing component and fatty acid composition of seeds of different varieties of amaranth / V. V. Liubych et al. *Naukovi pratsi Instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2022. No. 30. P. 112–118. DOI: 10.47414/np.30.2022.268938.
2. Amaranth: selection, genetics and growing prospects : a monograph / T. I. Hoptsiy et al. Kharkiv : KhNAU, 2018. 362 p.
3. Valentiuk N. O. Improving the technology of post-harvest processing and storage of amaranth grain : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.02. Odesa, 2019. 23 p.
4. Vedmedieva K. V., Makhova T. V., Levchenko V. I. Prospects for the use of amaranth *Amaranthus caudatus* as an oil crop in the south of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuletten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2021. No. 31. P. 33–45. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-04.
5. Vysochina G. I. Amaranth (*Amaranthus*): chemical composition and prospects for use. *Himija rastitel'nogo syr'ja*. 2013. No. 2. P. 5–14.
6. Hudkovska N. B. Fatty acid composition of amaranth grain grown in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu*. 2017. No. 21. P. 76–84.
7. Reznichenko V. P., Andriienko O. O., Vasylykivska K. V. New challenges of the time – plastic crops for the zone of risky agriculture. *Topical aspects of modern science and practice : abstracts of I International scientific and practical conference*, 21–24 September. Frankfurt am Main, 2020. P. 41–44.

8. Ронська Н. Високоолійні сорти амаранту. URL: <https://amaranth-association.com/високоолійні-сорти-амаранту/> (дата звернення: 03.08.2024).

9. A comparative study on chemical and lipid composition of amaranth seeds with different origin / Zh. Y. Petkova et al. *Bulg. Chem. Commun.* 2019. Vol. 51, Special Issue D. P. 262–267.

10. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop. Sci.* 2017. Vol. 57, issue 5. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

11. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. Washington, D. C. : National Academy Press, 1984. 96 p.

12. Amaranth Seed Oil Composition / P. Nasirpour-Tabrizi et al. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. London, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

13. Chemical composition and biological activity of seed oil of amaranth varieties / S. S. Bozorov et al. *Nova Biotechnologica et Chimica.* 2018. Vol. 17, no. 1. P. 66–73. DOI: 10.2478/nbec-2018-0007.

14. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules.* 2022. Vol. 27, issue 3. 623. DOI: 10.3390/molecules27030623.

15. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in γ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants.* 2020. Vol. 9, issue 11. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.

16. Effects of germination and popping on the anti-nutritional compounds and the digestibility of *Amaranthus hypochondriacus* Seeds / C. Valadez-Vega et al. *Foods.* 2022. Vol. 11, issue 14. 2075. DOI: 10.3390/foods11142075.

17. Evaluation of fatty acid composition among selected amaranth grains grown in two consecutive years / A. Hlinková et al. *Biologia.* 2013. Vol. 68, no. 4. P. 641–650. DOI: 10.2478/s11756-013-0190-6.

18. Fatty Acid Profile, Lipid Quality and Squalene Content of Teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) and Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) Varieties from Ethiopia / E. Amare et al. *Applied Sciences.* 2021. Vol. 11, issue 8. 3590. DOI: 10.3390/app11083590.

19. From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding / D. C. Joshi et al. *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. P. 1807–1823. DOI: 10.1007/s00122-018-3138-y.

20. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods.* 2019. P. 217–232. DOI: 10.1007/978-981-13-6167-8_13.

21. Pastor K., Acanski M. The chemistry behind amaranth grains. *J. Nutr. Health Food Eng.* 2018. Vol. 8, issue 5. P. 358–360. DOI: 10.15406/jnhfe.2018.08.00295.

URL: <https://isg-konf.com/topical-aspects-of-modern-science-and-practice-en/> (last accessed: 10.06.2024).

8. Ronska N. High-oil varieties of amaranth. URL: <https://amaranth-association.com/високоолійні-сорти-амаранту/> (last accessed: 03.08.2024).

9. A comparative study on chemical and lipid composition of amaranth seeds with different origin / Zh. Y. Petkova et al. *Bulg. Chem. Commun.* 2019. Vol. 51, Special Issue D. P. 262–267.

10. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop. Sci.* 2017. Vol. 57, issue 5. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

11. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. Washington, D. C. : National Academy Press, 1984. 96 p.

12. Amaranth Seed Oil Composition / P. Nasirpour-Tabrizi et al. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. London, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

13. Chemical composition and biological activity of seed oil of amaranth varieties / S. S. Bozorov et al. *Nova Biotechnologica et Chimica.* 2018. Vol. 17, no. 1. P. 66–73. DOI: 10.2478/nbec-2018-0007.

14. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules.* 2022. Vol. 27, issue 3. 623. DOI: 10.3390/molecules27030623.

15. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in γ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants.* 2020. Vol. 9, issue 11. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.

16. Effects of germination and popping on the anti-nutritional compounds and the digestibility of *Amaranthus hypochondriacus* Seeds / C. Valadez-Vega et al. *Foods.* 2022. Vol. 11, issue 14. 2075. DOI: 10.3390/foods11142075.

17. Evaluation of fatty acid composition among selected amaranth grains grown in two consecutive years / A. Hlinková et al. *Biologia.* 2013. Vol. 68, no. 4. P. 641–650. DOI: 10.2478/s11756-013-0190-6.

18. Fatty Acid Profile, Lipid Quality and Squalene Content of Teff (*Eragrostis teff* (Zucc.) Trotter) and Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) Varieties from Ethiopia / E. Amare et al. *Applied Sciences.* 2021. Vol. 11, issue 8. 3590. DOI: 10.3390/app11083590.

19. From zero to hero: The past, present and future of grain amaranth breeding / D. C. Joshi et al. *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. P. 1807–1823. DOI: 10.1007/s00122-018-3138-y.

20. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods.* 2019. P. 217–232. DOI: 10.1007/978-981-13-6167-8_13.

21. Pastor K., Acanski M. The chemistry behind amaranth grains. *J. Nutr. Health Food Eng.* 2018. Vol.

22. Procopet O., Oroian M. Amaranth Seed Polyphenol, Fatty Acid and Amino Acid Profile. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, issue 4. 2181. DOI: 10.3390/app12042181.
23. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, issue 8. P. 1428–1444. DOI: 10.3390/ani10081428.
24. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Food Sci. Nutr.* 2013. Vol. 53, issue 2. P. 109–125. DOI: 10.1080/10408398.2010.517876.
25. Soriano-García M., Saraid Aguirre-Díaz I. Nutritional functional value and therapeutic utilization of amaranth. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. 2019. P. 1–28. DOI: 10.5772/intechopen.86897.
26. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. 61 (7). DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05414.
27. Tyrus M., Lykhochvor V., Hnativ P. Amaranth: a multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, issue 2. P. 497–506. DOI: 10.1080/00207233.2023.2178207.
28. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2013. Vol. 12, issue 4. P. 381–408. DOI: 10.1111/1541-4337.12021.
29. Wójcik-Stopczyńska B. Szarłat – pseudozboże o wielkich zaletach. *Panacea*. 2018. URL: <https://panacea.pl/szarlat-pseudozboze-o-wielkich-zaletach/> (last accessed: 10.06.2024).
30. Wolosik K., Markowska A. *Amaranthus Cruentus* Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition. *Natural Product Communications*. 2019. Vol. 14, issue 5. P. 1–10. DOI: 10.1177/1934578X19844141.
31. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego / M. Kozak et al. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol.* 2011. XCVIII, 581. P. 79–94.
32. Zhang Z.-S., Kang Y.-J., Che L. Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese Amaranth. *LWT Food Sci. Technol.* 2019. 111. P. 39–45.
- 8, issue 5. P. 358–360. DOI: 10.15406/jnhfe.2018.08.00295.
22. Procopet O., Oroian M. Amaranth Seed Polyphenol, Fatty Acid and Amino Acid Profile. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, issue 4. 2181. DOI: 10.3390/app12042181.
23. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, issue 8. P. 1428–1444. DOI: 10.3390/ani10081428.
24. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Food Sci. Nutr.* 2013. Vol. 53, issue 2. P. 109–125. DOI: 10.1080/10408398.2010.517876.
25. Soriano-García M., Saraid Aguirre-Díaz I. Nutritional functional value and therapeutic utilization of amaranth. *Nutritional Value of Amaranth* / Ed. by V. Y. Waisundara ; IntechOpen. 2019. P. 1–28. DOI: 10.5772/intechopen.86897.
26. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. 61 (7). DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05414.
27. Tyrus M., Lykhochvor V., Hnativ P. Amaranth: a multi-purpose crop for war-torn land. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, issue 2. P. 497–506. DOI: 10.1080/00207233.2023.2178207.
28. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2013. Vol. 12, issue 4. P. 381–408. DOI: 10.1111/1541-4337.12021.
29. Wójcik-Stopczyńska B. Szarłat – pseudozboże o wielkich zaletach. *Panacea*. 2018. URL: <https://panacea.pl/szarlat-pseudozboze-o-wielkich-zaletach/> (last accessed: 10.06.2024).
30. Wolosik K., Markowska A. *Amaranthus Cruentus* Taxonomy, Botanical Description, and Review of its Seed Chemical Composition. *Natural Product Communications*. 2019. Vol. 14, issue 5. P. 1–10. DOI: 10.1177/1934578X19844141.
31. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego / M. Kozak et al. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol.* 2011. XCVIII, 581. P. 79–94.
32. Zhang Z.-S., Kang Y.-J., Che L. Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese Amaranth. *LWT Food Sci. Technol.* 2019. 111. P. 39–45.