

STUDY OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CRUSHED FLAX SEED FRACTIONS

H. Liashko, ORCID ID: 0000-0002-0869-9085

T. Trakalo, ORCID ID: 0000-0002-3490-250X

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Keywords:

seeds,
flax,
oil,
fat,
omega-3,
 α -linolenic acid,
functional products,
fatty acid composition

Article history:

Received 21.01.2026

Received in revised
form 30.01.2026

Accepted 04.02.2026

Published 27.02.2026

Corresponding author:

H. Liashko

E-mail:

liashkogalinanana@
gmail.com

DOI: 10.24263/2225-
2916-2026-39-1-6

ISSN 2225-2916



Abstract

Flaxseeds (*Linum usitatissimum L.*) represent a valuable oilseed crop widely used in the food industry and in dietary nutrition. Their high nutritional value is attributed to the significant content of lipids, proteins, dietary fiber, minerals, and various biologically active compounds. A key role in determining the nutritional and biological value of flaxseeds is played by polyunsaturated fatty acids, particularly α -linolenic acid, which belongs to the omega-3 fatty acid group.

This study examines the distribution of lipids within the structural components of flaxseeds, including the embryo, endosperm, and seed coat, which is important for optimizing technological processes of raw material processing. The results demonstrate that the highest concentration of lipids and polyunsaturated fatty acids is localized in the embryo, accounting for approximately 40–45% of the total lipid content. These findings highlight the potential of flaxseed processing products for the development of functional food ingredients.

The results confirm the relevance of further research on flaxseeds as a natural source of essential fatty acids and functional components in human nutrition. The incorporation of flaxseed raw materials into food technologies may contribute to enhancing the biological value of food products and promoting healthier dietary patterns.

The experimental sample of flaxseeds contained a high amount of α -linolenic acid — 59%. Analysis of the fractions of ground flaxseeds showed that the highest content of fatty acids was observed in the 1.5 mm fraction. This can be explained by the fact that the embryo of flaxseeds is difficult to grind due to its high lipid content, particularly fatty acids, which give the embryo tissues plasticity and an oily consistency, thereby reducing the efficiency of mechanical grinding.

УДК 635.32:633.19:616.314

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ФРАКЦІЙ ПОДРІБНЕНОГО НАСІННЯ ЛЬОНУ

Г. В. Ляшко, аспірант, ORCID ID: 0000-0002-0869-9085

Т. О. Тракало, канд. техн. наук, ORCID ID: 0000-0002-3490-250X

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

У статті проаналізовано розподіл ліпідів у структурних частинах насіння льону, зокрема в зародку, ендоспермі та оболонці, що має значення для технологічних процесів переробки сировини та створення рецептур харчових продуктів. Показано, що найбільша концентрація жирів і поліненасичених жирних кислот зосереджена в зародковій частині насіння та становить 40—45%. Це зумовлює перспективність використання продуктів переробки льону для створення функціональних харчових продуктів.

Ключові слова: насіння, льон, олія, жир, омега-3, α -ліноленова кислота, функціональні продукти, жирокислотний склад.

Вступ. У сучасних умовах розвитку харчової промисловості та науки про харчування значна увага приділяється пошуку рослинної сировини, яка може бути природним джерелом біологічно активних речовин і функціональних інгредієнтів. Однією з таких культур є льон звичайний (*Linum usitatissimum L.*), який використовується людиною протягом тисячоліть як джерело волокна та харчової сировини [1].

Огляд останніх досліджень і публікацій. Льон вирощують за різних умов на різних континентах. У Європі він поширений на великих ареалах, але в Альпах він досягає висоти, рівної житю. Провідні виробники розташовані в Північній та Південній Європі, Східній Азії, Єгипті, Алжирі, Марокко та Бразилії. У 2019 році світове виробництво насіння льону досягло 738 000 тонн, причому на Китай, Сполучені Штати та Бельгію припадало приблизно шістьдесят відсотків від загальної кількості [7].

За ботанічною та морфологічною характеристикою насіння льону є тонким і сплюснутим, з вузьким, трішки загнутим кінчиком. Колір залежно від сорту — від світло-жовтого до коричневого, поверхня насінини гладка та блискуча. Маючи гладеньку та слизьку поверхню, сухе насіння льону володіє великою сипкістю. Товщина насіння льону складає 1—1,5 мм, довжина — 3—6 мм, ширина від 1,8 до 3,5 мм. Маса 1000 насінин — 5,5—13 г.

Насіння льону складається з трьох основних частин: оболонки, ендосперму та зародка. Найбільша кількість ліпідів міститься в зародку насінини [15]. Саме ця частина є основним джерелом лляної олії. В табл. 1 наведено розподіл вмісту ліпідів у різних частинах насіння льону.

Таблиця 1. Вміст ліпідів у різних складових насіння льону

Структурна частина насінини	Вміст ліпідів, %
Зародок	40—45
Ендосперм	5—7
Оболонка	2—3
Ціле насіння	35—45

Оболонка насіння складається з кількох шарів: шару епідермісу; шару кам'янистих клітин, який захищає розміщений у середині насінин зародок; шару, що містить у собі пігмент, який забарвлює насіння [8]. Оболонка насіння характеризується високим вмістом полісахаридів і харчових волокон, які при взаємодії з водою утворюють слиз. Ці речовини мають важливі функціональні властивості, зокрема здатні до гелеутворення та водоутримання. До п'ятнадцяти відсотків слизу міститься саме в насінній оболонці.

Було встановлено, що існує обернена залежність між вмістом білка та вмістом олії в насінні льону, що свідчить про те, що зі збільшенням концентрації олії вміст білка зменшується [9].

Насіння льону класифікується як «суперпродукт» завдяки його різноманітним біологічним функціям. Воно характеризується високою харчовою цінністю, тому що містить багато ліпідів, білків, харчових волокон та антиоксидантних сполук.

Також у ньому містяться високі концентрації поліненасичених жирних кислот, зокрема α -ліноленової кислоти, що належить до омега-3 жирних кислот [2]. α -ліноленова кислота є попередником довголанцюгових омега-3 жирних кислот — ейкозапентаєнової (ЕРА) та докозагексаєнової (ДНА), які відіграють важливу роль у функціонуванні людського організму, зокрема нервової та серцево-судинної системи [5]. Високий вміст α -ліноленової кислоти відрізняє лляну олію від більшості інших рослинних олій, таких як соняшникова або кукурудзяна, у яких переважають омега-6 жирні кислоти [3].

Поліненасичені жирні кислоти є незамінними компонентами харчування людини. Вони входять до складу клітинних мембран, беруть участь у синтезі біологічно активних речовин і регулюють метаболічні процеси в організмі. Регулярне споживання продуктів, багатих на омега-3 жирні кислоти, сприяє зниженню рівня холестерину в крові, нормалізації артеріального тиску, зменшенню запальних процесів, покращенню різних процесів функціонування мозку [3].

Окрім жирних кислот, насіння льону містить лігнани — природні антиоксиданти, які можуть знижувати ризик розвитку онкологічних і серцево-судинних захворювань [4]. Основним лігнаном, що міститься в насінні льону, є секоїзоларицирезинол диглюкозид, який перетворюється на інші лігнани, такі як секоїзоларицирезинол, ентеродіол та ентеролактон. Ці лігнани відомі своїми фітоестрогенними властивостями, наявність яких забезпечує їх корисний вплив на здоров'я людини.

Насіння льону є джерелом поліфенолів, які є біоактивними сполуками, визнаними за їхню користь для здоров'я. Дослідження виявили в насінні льону низку поліфенольних сполук, таких як фенольні кислоти та флавоноїди, які посилюють його антиоксидантну, протизапальну й антимікробну дію. Насіння льону містить 14 ідентифікованих фенольних кислот, зі значною кількістю синапінової кислоти, ферулової кислоти та галової кислоти. Синапінова кислота та кверцетин разом становлять понад 42, 67% поліфенольного екстракту [10].

Завдяки високій харчовій цінності насіння льону широко застосовується у виробництві різноманітних харчових продуктів. Основними напрямками використання є: виробництво лляної олії; збагачення хлібобулочних виробів; виготовлення дієтичних добавок; виробництво функціональних продуктів харчування та напоїв [6].

Додавання насіння льону або продуктів його переробки до складу харчових продуктів дозволяє підвищити їх біологічну цінність і збагатити раціон людини поліненасиченими жирними кислотами.

Метою дослідження є аналіз хімічного складу насіння льону олійного сорту Золотистий і дослідження жирокислотного складу фракцій подрібненого насіння.

Матеріали і методи. Експериментальну роботу проводили в 2023—2025 роках на базі кафедри технології зберігання і переробки зерна НУХТ та Інституту технічної теплофізики НААН України. Дослідження жирокислотного вмісту проводили у Інституті біохімії на газовому хроматографі Agilent 7890A. Визначення масової частки сирого протеїну проводили за стандартизованою методикою ДСТУ ISO 5983:2003, масової частки жиру — ДСТУ ISO 659:2007, масової частки клітковини — ДСТУ ISO 5498:2004, масової частки сирової золи — ДСТУ ISO 5984:2004, масової частки вологи — ДСТУ ISO 665:2008. Підготовка зразків передбачала подрібнення насіння льону олійного сорту Золотистий, розділення подрібненого насіння льону по фракціях, подальшу екстракцію жиру та його аналіз за допомогою хроматографа. Отримані результати порівнювали з даними міжнародних наукових досліджень.

Перший етап досліджень передбачав вивчення мікроструктури фракцій подрібненого насіння льону. Для одержання борошністої фракції насіння льону подрібнювали за допомогою лабораторного млина ЛЗМ з частотою 10000 об/хв. Масова частка вологи насіння льону становила 6,0%. Після подрібнення отримали продукт з розмірами частинок від 50 до 150 мкм.

Гранулометричний склад визначали просіюванням 100 г наважки на наборі сит з отворами діаметром 0,56, 1,0 та 1,5 мм на лабораторному розсійнику РЛУ-1 з частотою 200 об/хв.

Другий етап включав дослідження хімічного складу цілого насіння льону олійного сорту Золотистий і різних фракцій подрібненого насіння, а також визначення жирокислотного профілю вказаних продуктів.

Для аналізу хімічного складу та жирокислотного профілю використовували такі методи дослідження:

- метод екстракції ліпідів органічними розчинниками для визначення загального вмісту жиру;
- газову хроматографію для аналізу жирокислотного складу;
- аналітичний і порівняльний аналіз наукових літературних джерел для узагальнення сучасних даних щодо складу та біологічної цінності насіння льону.

Результати дослідження. Вивчення структурних властивостей отриманих частинок з насіння льону олійного (рис. 1) показало, що вони за своєю мікроструктурою вони відповідають мікроструктурі зернової сировини. Мікрофотографії, наведені на рис. 2, свідчать про те що частинки насіння льону, отримані в процесі подрібнення, мають об'ємну структуру, багатогранну форму і майже однакові габаритні розміри, що не перевищують 100 мкм.



Рис. 1. Мікроструктура частинки насіння льону олійного

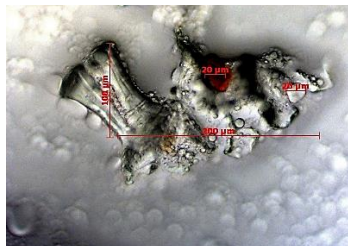


Рис. 2. Мікроструктура частинки льону при збільшенні у 900 разів

Насіння льону олійного — продукт, який погано піддається подрібненню з огляду на його хімічний склад. За ступенем подрібнення та за якістю отриманих фракцій можна оцінити ефективність обладнання, яке використовували для його подрібнення. Зважаючи на те, що насіння льону олійного в подальшому ми використовуємо для створення харчових продуктів, які мають функціональні властивості, важливо отримати продукти зі збільшеним ступенем подрібнення та рівномірним дисперсним складом в усьому об'ємі суміші. Саме в таких продуктах зростає інтенсивність проходження теплофізичних і фізико-хімічних процесів при подальшій технологічній обробці.

На мікроструктуру часинок впливає початкова вологість насіння льону. З літератури відомо [11], що при вологості 6...8% насіннева сировина втрачає пружно-пластичні властивості і перетворюється в крихке тіло, здатне за критичних навантажень утворювати дрібні частинки. Зниження вологості до 4% збільшує міцність матеріалу, оскільки видалення вільної води приводить до підвищення крихких властивостей і виключає можливість злипання при подрібненні, забезпечує отримання продукту з рівномірною структурою.

Під час проведення технологічного процесу подрібнення важливо досягти необхідної дисперсності, тобто створити високе значення сумарної міжфазової поверхні. Але для такої сировини, як насіння льону олійного неможливо отримати продукт однакової дисперсності без поділу на фракції для подальшого цілеспрямованого використання. Тому в процесі технологічної підготовки подрібненого насіння льону слід враховувати, що кожна фракція продукту має свої фізико-механічні, хімічні властивості і капілярно-пористу структуру, а також схильність до утворення агломератів, тому що характеризується різними когезійними властивості.

На рис. 3 представлено мікрофотографії різних фракцій подрібненого насіння льону. Характер розподілення жиру в цих продуктах залежить від кількості мікропор і тріщин, якими кульки жиру мігрують із середини до зовнішньої поверхні частинки, змінюючи їх властивості. Як приклад, може бути змочування та занурення, які мають вплив на процес волого поглинання частинками продукту. Але велика кількість жиру сприяє утворенню агломератів, незважаючи на низький вміст води (6,0%).

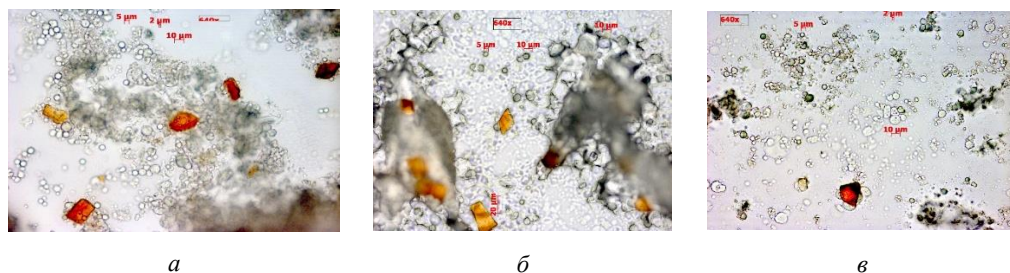


Рис. 3. Мікроструктура фракцій насіння льону: а — фракція 0,56 мм; б — фракція 1 мм; в — фракція 1,5 мм

Наступним етапом роботи було визначення хімічного та жирокислотного складу насіння льону. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Завдяки високому вмісту білків, жирів, вуглеводів насіння льону широко використовується у виробництві хлібобулочних виробів, дієтичних продуктів, харчових добавок і функціональних продуктів харчування.

Таблиця 2. Хімічний склад насіння льону

Найменування показника	Дослідний зразок	За даними [12]	За даними [13]
Масова частка вологи, %	6,0	6,5	5,5
Масова частка сирого протеїну, %	22,1	20,3	20,86
Масова частка сирого жиру, %	43,0	37,1	31,16
Масова частка сирої клітковини, %	4,65	4,80	29,07
Масова частка вуглеводів, %	21,5	28,9	—
Масова частка сирої золи, %	2,75	2,40	3,75

Насіння льону характеризується унікальним жирнокислотним складом, основними компонентами є поліненасичені жирні кислоти, які становлять значну частину всіх ліпідів.

Найважливішою жирною кислотою насіння льону є α -ліноленова кислота, що належить до омега-3 жирних кислот. Її вміст може досягати 50—60% від загальної кількості жирних кислот [2].

Результати визначення жирокислотного складу насіння та фракцій подрібненого льону олійного сорту Золотистий наведено в табл. 3 та 4.

Таблиця 3. Жирокислотний склад насіння льону

Вміст жирних кислот, %	Дослідний зразок	За даними [14]	За даними [13]
α -ліноленова	59,0	57,5	54,77
Лінолева	19,5	12,5	17,07
Олеїнова	17,0	17,5	17,38
Пальмітинова	6,0	6,0	5,95
Стеаринова	4,9	4,3	4,15

Таблиця 4. Жирокислотний склад подрібненого насіння льону

Вміст жирних кислот, %	Фракції насіння льону, мм		
	0,56	1,0	1,5
α -ліноленова	15	20	24
Лінолева	4	7	8,5
Олеїнова	4	5	8
Пальмітинова	1	2	3
Стеаринова	0,87	1,56	2,47

Найбільша кількість жирних кислот міститься у фракції 1,5 мм, а це продукт, до складу якого входить зародок, де зосереджена найбільша кількість ліпідів та жирних кислот. Це пояснюється тим, що зародок насіння льону погано подрібнюється, що зумовлено високим вмістом полісахаридів і ліпідів, які надають тканинам зародка пластичності та маслянистої консистенції, унаслідок чого ефективність механічного подрібнення суттєво знижується.

Висновки. Насіння льону олійного сорту Золотистий є цінним джерелом білків, жирів, вуглеводів та біологічно активних речовин і характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот.

Основною жирною кислотою лляної олії є α -ліноленова кислота, частка якої може перевищувати 50% від загального вмісту жирних кислот. Саме ця сполука визначає високу біологічну цінність насіння льону та його перспективність для використання у виробництві функціональних харчових продуктів. Тому насіння льону олійного є

важливим компонентом здорового харчування та перспективною сировиною для харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Oomah, B. D. (2021). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 889—894.
2. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1633—1653.
3. Gebauer, S. K., Psota, T. L., Harris, W. S., Kris-Etherton, P. M. (2016). n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 20—26.
4. Bloedon, L. T., Szapary, P. O. (2024). Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition Reviews*, 67—73.
5. Simopoulos, A. P. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 65—71.
6. Kajla, P., Sharma, A., Sood, D. R. (2015). Flaxseed — a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 20—27.
7. Fan, L., Xu, J., Guan, X., Li, R., Wang, S. (2023). Developing radio frequency pretreatment technology for improving yield and quality of flaxseed oil extractions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. URL: [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856423000978?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856423000978?via%3Dihub) (date of access: 20.02.2026).
8. Krulićkova, K., Pošvec, Z., Griga, M. (2022). Identification of flax and linseed cultivars by isozyme markers. *Biologia plantarum*, 45(3), 327—336.
9. Katare, C., Saxena, S., Agrawal, S., Prasad, G. B. K. S., Bisen, P. S. (2012). Flaxseed: A potential medicinal food. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2, 120—135.
10. Rafa, S. A. Flaxseed Unveiled: A Review of Its Nutritional Profile, Structural Chemistry, Bioactive Compounds, Health Benefits and Multidisciplinary Applications. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S305084362500054X#bib86> (date of access: 21.02.2026).
11. Янюк, Т. І., Шаповаленко, О. І., Тракало, Т. О., Малюта, К. С. (2016). Технологія отримання суспензії з насіння льону [Електронний ресурс]. *Хранение и переработка зерна*, 9, 55—58. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32902/1/Technology%20of%20obtaining%20a%20uspension%20from%20flax%20seeds.pdf> (date of access: 21.02.2026).
12. Mudasir, A., Asif, A., Rai, M. A., Abdus, S., Mahum, M., Muhammad, A., Rida, A., Muhammad Z., Rabia, M. (2024). Flaxseed as an Inimitable Functional Food: A Comprehensive Review. *Scholars Bulletin*, 121—128.
13. Panaite, T., Ropotă, M., Turcu, R., Olteanu, M., Corbu, A. R., Nour, V. (2017). Flaxseeds: Nutritional potential and bioactive compounds. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Horticulture*, 74, 65—70. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/18/10141> (date of access: 26.02.2026).
14. Morris, D. H. (2007). Flax — A Health and Nutrition Primer. *Flax – A Health and Nutrition Primer*. URL: [https://scholar.google.com/scholar?q=Morris%2C%20D.%20H.%20\(2007\).%20Flax%20%E2%80%93%20A%20Health%20and%20Nutrition%20Primer.%20Flax-%20A%20Health%20and%20Nutrition%20Primer](https://scholar.google.com/scholar?q=Morris%2C%20D.%20H.%20(2007).%20Flax%20%E2%80%93%20A%20Health%20and%20Nutrition%20Primer.%20Flax-%20A%20Health%20and%20Nutrition%20Primer) (date of access: 26.02.2026).