



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10109
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 619:612.015

Fatty acid composition of hard rent cheese with flax seeds

D. A. Arutyunyan, O. S. Pokotylo[✉]

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Article info

Received 07.01.2024
Received in revised form
08.02.2024
Accepted 09.02.2024

*Ternopil Ivan Puluj National
Technical University,
Ruska Str., 56, Ternopil,
46001, Ukraine.
Tel.: +38-097-207-96-05
E-mail: pokotylo_oleg@ukr.net*

Arutyunyan, D. A., & Pokotylo, O. S. (2024). Fatty acid composition of hard rent cheese with flax seeds. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(101), 56–60. doi: 10.32718/nvlvet-f10109

The study demonstrates the peculiarities of the fatty acid composition of Gouda-type hard rennet cheese by adding 5 % flax seeds. The fatty acid profile of complex cheese samples of control and experimental samples was investigated by gas-liquid chromatography 60 days after production. The experimental part of the work was carried out in the research laboratory “Technology, analysis and examination of food products and water” of the Department of Food Biotechnology and Chemistry at the Ternopil National Technical University named after I. Puluj and at the Chortkiv cheese factory. In the process of making Gouda-type cheese, prepared flax seeds, according to our patented method, were added to the cheese grain after being separated from the whey. Positive advantages were established in the fatty acid profile of the test sample compared to the control sample. In particular, it was found that the total content of saturated fatty acids in the control sample was 68.6 %, and in Gouda cheese with 5 % flax seeds (experimental sample) – 62.3 %, while the content of unsaturated fatty acids was 31.4 %, respectively and 37.7 %. The experimental sample also showed an increase in the content of polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family, in particular α -linolenic acid, by 40 % compared to the control sample. In the experimental sample of Gouda cheese with flax seeds, an improvement in the ratio between the relative content of PUFAs of the ω -3/ ω -6/ ω -9 families was established, which was 1 : 1.8 : 7.4. The obtained results in changing the fatty acid composition of the experimental sample of cheese allow us to recommend this product as a functional product due to the high content of PUFAs of the ω -3 family and the balanced ratio between the content of PUFAs of the ω -3/ ω -6/ ω -9 families.

Key words: *hard cheese, flax seeds, omega-3 fatty acids.*

Жирнокислотний склад твердого сиру сичужного з насінням льону

Д. А. Арутюнян, О. С. Покотило[✉]

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Дослідження демонструє особливості жирнокислотного складу твердого сичужного сиру типу Гауда з додаванням 5 % насіння льону. Жирнокислотний профіль зразків твердого сиру контрольних та дослідних зразків досліджено методом газорідної хроматографії через 60 діб після виготовлення. Експериментальна частина роботи виконана у науково-дослідній лабораторії “Технології, аналізу та експертизи харчової продукції і води” кафедри харчової біотехнології і хімії в Тернопільському національному технічному університеті імені І. Пулюя та на молокопереробному підприємстві “Чортківський сирзавод”. В процесі виготовлення сиру типу Гауда підготовлене насіння льону за запатентованим нами способом додавали до сирного зерна після процесу його відокремлення від сироватки. Встановлено позитивні переваги у жирнокислотному профілі дослідного зразка порівняно з контрольним. Зокрема встановлено, що сумарний вміст насичених жирних кислот у контрольному зразку становив 68,6 %, а в сири Гауда з 5 % насіння льону (дослідний зразок) – 62,3 %, тимчасом як вміст ненасичених жирних кислот складав відповідно – 31,4 та 37,7 %. Також у дослідному зразку показано збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот родини омега-3, зокрема α -ліноленової кислоти на 40 % порівняно з контрольним зразком. У дослідному зразку сиру Гауда з насінням льону встановлено поліпшення співвідношення між відносним вмістом ПНЖК родин ω -3/ ω -6/ ω -9, яке становило 1 : 1,8 : 7,4. Отримані результати у зміні жирнокислотного складу дослідного зразка сиру дозволяють рекомендувати його як продукт функціонального призначення – за рахунок високого вмісту ПНЖК родини ω -3 і збалансованого співвідношення між вмістом ПНЖК родин ω -3/ ω -6/ ω -9.

Ключові слова: сир твердий, насіння льону, омега-3 жирні кислоти, жирнокислотний склад.

Вступ

Найважливішими факторами, що впливають на якість сиру, є аромат і смак, консистенція та зовнішній вигляд. Вільні жирні кислоти (ВЖК), що утворюються під час ліполізу, особливо ВЖК з коротким і середнім ланцюгом (C4:0–C8:0 і C10:0–C14:0 відповідно), разом із леткими сполуками та продуктами протеолізу безпосередньо впливають на смак сиру (Delgado et al., 2009). Вважається, що довголанцюгові ВЖК (>14 атомів вуглецю) відіграють незначну роль у смаку сиру через їхні високі пороги сприйняття. З іншого боку, вільні жирні кислоти в молочних продуктах у певних кількостях потенційно впливають не лише на смак і консистенцію молочних продуктів, а й на харчування та здоров'я як антимікробні засоби (Çetinkaya & Öz, 2018). Сир, який є важливим джерелом жиру в харчуванні людини, містить високий рівень різноманітних жирних кислот (Delgado et al., 2009). З поживної точки зору різні види сиру мають свій особливий рівень засвоюваного жиру. Його засвоюваність перебуває в діапазоні 88–94 % (Barać et al., 2018). Що стосується сиру Гауда, то триацилгліцерини являють собою основну ліпідну фракцію, за якою йдуть діацилгліцерини, холестерин, вільні жирні кислоти та моноацилгліцерини. У сирних жирах переважають насичені жирні кислоти, за ними йдуть мононенасичені жирні кислоти та поліненасичені жирні кислоти, головними з яких є пальмітинова, олеїнова, міристинова та стеаринова кислоти (Semeniuc et al., 2022).

З іншого боку, відомо, що в раціоні пересічного українця, як і європейця, є певний дефіцит поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) родини омега-3 і надлишок омега-6 (Smoliar, 2006). ПНЖК-3 поступають в організм із морепродуктами та певними оліями (Goyal et al., 2014; Lewinska et al., 2015). Найбільшим вмістом ПНЖК родини омега-3 характеризується лляна олія, в якій 50–60 % альфа-ліноленової кислоти і яка є чудовим джерелом омега-3 вітаміну D3 (Goyal et al., 2014; Lee et al., 2021). Численними дослідженнями доведено, що ПНЖК омега-3 чинять оздоровчу дію в організмі, будучи джерелом протизапальних простагландинів, входять у склад мембран клітин, забезпечуючи їх ефективне функціонування (Pokotylo, 2008). Включення ненасичених жирних кислот в молочні продукти становить інтерес для підприємств харчової промисловості (Lialyk et al., 2019, 2020). Ці продукти мають великий потенціал і сприяють зміцненню здоров'я людей та профілактиці різного роду хвороб (Simopoulos, 2002; Ganesan et al., 2014).

Виходячи із сказаного вище, збагачення твердого сиру в процесі його виготовлення певними джерелами ПНЖК омега-3 дало б можливість отримати функціональний харчовий продукт з підвищеною біологічною цінністю.

Мета дослідження

Метою роботи було визначити жирнокислотний склад сиру Гауда, до якого в технологічному процесі виготовлення додавали насіння льону.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальна частина роботи виконана у науково-дослідній лабораторії “Технологій, аналізу та експертизи харчової продукції і води” кафедри харчової біотехнології і хімії в Тернопільському національному технічному університеті імені І. Пулюя та на молокопереробному підприємстві “Чортківський сирзавод”. В процесі виготовлення сиру типу Гауда підготовлене насіння льону за запатентованим нами способом додавали до сирного зерна після процесу його відокремлення від сироватки.

Технологія виробництва сиру типу Гауда з лляним насінням була такою. Молоко коров'яче пастеризоване підігрівали до температури 34–35 °C та наносили на його поверхню суху закваску СНН-19, витримували 3–4 хв та перемішували для рівномірного розподілу закваски й залишали у спокої протягом 30–35 хв. Додавали кальцій хлористий та сичуговий фермент, який попередньо розчиняли у 50 мл води, суміш рівномірно перемішували та залишали на 40–45 хв для утворення згустку. Після цього перевіряли згусток на готовність (тест на відокремлення сироватки) та нарізали сирний згусток на кубики розміром 1–1,5 см. Нарізані кубики перемішували круговими рухами протягом 5 хв та залишали для осідання їх на дно. Потім видаляли 10 % сироватки та додавали такий самий об'єм води за температури 65 ± 1 °C, вимішували масу 10 хв та знову залишали в спокої для осідання зерна на дно. Потім зливали третину сироватки та додавали таку ж кількість води за температури 42–43 °C, перемішували сирну масу протягом 20 хв та відокремлювали сирне зерно шляхом зливання сироватки. Додавали 5 % простерилізованого за розробленим нами способом насіння льону і перемішували сирне зерно для рівномірного розподілу льону. Збирали сирне зерно у форми та давали 5–10 хв для стікання сироватки, потім ставили під прес на 12 год. Після пресування сирну головку поміщали в розсілну ванну на 12–18 годин залежно від тривалості витримки, після половини пройденого часу перевертали головку сиру. Потім викладали головки сиру на дренажні килимки для відведення залишкової вологи та утворення сухої кірки протягом 3–4 діб, перевертаючи головку сиру 2 рази на добу. Після утворення сухої кірки головку сиру поміщали на дозрівання за температури 8–12 °C протягом 60 діб. Технологія приготування контрольного зразку сиру Гауда була такою ж, як сиру з насінням льону, тільки у сирне зерно льон не додавали.

Зразки сиру (n = 5) відбирали через 60 діб після повного його дозрівання. В подальшому проводили підготовку даних зразків для дослідження жирнокислотного профілю сиру. Аналіз жирнокислотного про-

філю контрольних і дослідних зразків сирів досліджували методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890 з полум'яно-

іонізаційним детектором, обладнаним капілярною колонкою SP-2560 довжиною 100 м (Holubets & Vudmaska, 2010).



Рис. 1. Зразки сиру

Статистичну обробку результатів проводили методами варіаційної статистики з використанням програми Statistica 9.0 (StatSoft Inc., США). Використовували непараметричні методи дослідження (критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні). Визначали середнє арифметичне (\bar{x}) і стандартну помилку середнього (SE). Різниця між порівнюваними значеннями вважалася значущою для $P \geq 0,05$ (Romakin, 2006).

Результати та їх обговорення

Газохроматографічний аналіз зразків досліджуваних сирів дозволив ідентифікувати 11 насичених жирних кислот (НЖК) і 8 ненасичених (ННЖК), відносний вміст яких перевищував 0,4 %. Дані щодо відносного вмісту кожної з цих кислот наведені у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Вміст насичених жирних кислот у досліджуваних сирах, % ($M \pm m, n = 5$)

| Жирна кислота | Позначення, С | Відносний вміст, % | |
|-----------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Сир Гауда | Сир Гауда з 5 % насіння льону |
| Масляна | 4:0 | 1,3 ± 0,1 | 1,0 ± 0,1 |
| Валер'янова | 5:0 | 2,4 ± 0,1 | 2,5 ± 0,1 |
| Капролова | 6:0 | 1,9 ± 0,1 | 1,8 ± 0,1 |
| Каприлова | 8:0 | 1,2 ± 0,1 | 1,2 ± 0,1 |
| Капринова | 10:0 | 2,8 ± 0,1 | 2,7 ± 0,1 |
| Лауринова | 12:0 | 3,2 ± 0,1 | 3,1 ± 0,1 |
| Міристинова | 14:0 | 11,8 ± 0,3 | 9,8 ± 0,2 |
| Пентодеканова | 15:0 | 0,6 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 |
| Пальмітинова | 16:0 | 30,5 ± 0,4 | 27,5 ± 0,2 |
| Гаптодеканова | 17:0 | 0,6 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1 |
| Стеаринова | 18:0 | 12,3 ± 0,2 | 11,6 ± 0,2 |
| Загальний вміст | | 68,6 | 62,3 |

Як видно з даних таблиці 1, у традиційному сирі Гауда (контрольний зразок) сумарний вміст насичених жирних кислот становить 68,6 %, а в сирі Гауда з 5% насіння льону (дослідний зразок) – 62,3 %, тимчасом як вміст ненасичених жирних кислот складав відповідно – 31,4 та 37,7 %. Серед насичених жирних кислот в обох зразках сирів виявлено найбільше пальмітинової та стеаринової кислот, відносний вміст яких складав 30,5 та 12,3 % у контрольному зразку і 27,5 та 11,6 % – у дослідному зразку. Очевидно, що додавання 5 % лляного насіння до сиру Гауда в процесі його виготовлення та дозрівання вплинуло на вміст окремих жирних кислот, особливо до достовірного зменшення відносного вмісту таких насичених

кислот, як міристинова, пальмітинова та стеаринова. Загалом за результатами аналізу даних таблиці 1 можна стверджувати, що сумарний вміст насичених жирних кислот у дослідному зразку сиру з 5 % вмістом насіння льону був на 6,3 % менший, ніж такий вміст у контрольному зразку сиру Гауда.

З наведених у таблиці 2 даних видно, що основною ненасиченою жирною кислотою у контрольному і дослідному зразках сиру є олеїнова кислота, яка належить до поліненасичених жирних кислот родини омега-9.

На другий позиції за відносним вмістом у контрольному і дослідному зразках сиру – α -ліноленова, яка належить до поліненасичених жирних кислот родини

омега-3. При цьому встановлено, що відносний вміст α -ліноленової кислоти був на 40 % вищим у сири Гауда з 5 % вмістом насіння льону, ніж у дослідному зразку сиру Гауда. Це пов'язано тим, що лляне насіння характеризується високим вмістом α -ліноленової кислоти, що і визначило її зростання у дослідному зразку. Приблизно в межах 1 % був вміст міристоолеїнової, пентадеценової, пальмітоолеїнової кислот. Варто зазначити, що додавання 5 % насіння льону до сиру Гауда в процесі його виготовлення призвело до достовірного зростання загального відносного вмісту ненасичених жирних кислот у дослідному зразку сиру на 17 % порівняно з контрольним зразком сиру Гауда. Аналізуючи дані таблиці 3, варто зазначити, що співвідношення між вмістом НЖК до ПНЖК у сири Гауда

було 1 : 2,2, тимчасом як у сири Гауда з насінням льону – 1 : 1,6. Також варто зауважити зміну співвідношення між вмістом ПНЖК родин омега у досліджуваних сирах. Так, співвідношення між відносним вмістом ПНЖК родин ω -3/ ω -6/ ω -9 у контрольному зразку сиру становило 1 : 1 : 12. Таке співвідношення не є збалансованим і свідчить про значне збільшення відносного вмісту в контрольному зразку сиру Гауда ПНЖК родин омега-9. У дослідному зразку сиру Гауда з насінням льону співвідношення між відносним вмістом ПНЖК родин ω -3/ ω -6/ ω -9 становило 1 : 1,8 : 7,4, що є більш сприятливим для організму людини і характеризує такий сир як функціональний продукт зі збалансованим співвідношенням ПНЖК родин омега-3, -6 та -9.

Таблиця 2

Вміст ненасичених жирних кислот у досліджуваних сирах ($M \pm m, n = 5$)

| Жирна кислота | Позначення, С | Відносний вміст, % | |
|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Сир Гауда | Сир Гауда + 5 % насіння льону |
| Міристоолеїнова | 14:1 | 1,0 \pm 0,1 | 1,1 \pm 0,1 |
| Пентадеценова | 15:1 | 1,0 \pm 0,1 | 1,2 \pm 0,1 |
| Пальмітоолеїнова | 16:1 | 0,9 \pm 0,1 | 1,1 \pm 0,1 |
| Гептадеценова | 17:1 | 0,7 \pm 0,1 | 0,8 \pm 0,1 |
| Олеїнова | 18:1 | 24,5 \pm 0,5 | 26,2 \pm 0,4 |
| Лінолева | 18:2 | 0,5 \pm 0,1 | 0,5 \pm 0,1 |
| α -ліноленова | 18:3 | 2,2 \pm 0,1 | 3,7 \pm 0,2 |
| Гадолеїнова | 20:1 | 0,4 \pm 0,1 | 0,5 \pm 0,1 |
| Загальний вміст | | 31,4 | 37,7 |

Таблиця 3

Узагальнений вміст родин жирних кислот і їх співвідношення у досліджуваних сирах ($M \pm m, n = 5$)

| Жирні кислоти | Відносний вміст, % | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| | Сир Гауда | Сир Гауда + 5 % насіння льону |
| НЖК | 68,6 | 62,3 |
| ω -9 | 26,9 | 27,5 |
| ω -6 | 2,3 | 6,5 |
| ω -3 | 2,2 | 3,7 |
| НЖК / ПНЖК | 1 : 2,2 | 1 : 1,6 |
| Співвідношення ПНЖК ω -3/ ω -6/ ω -9 | 1 : 1 : 12 | 1 : 1,8 : 7,4 |

Таким чином, в результаті проведених нами досліджень встановлено такі відмінності у жирнокислотному профілі сиру Гауда, в процесі виготовлення якого додавали 5 % насіння льону: зменшення вмісту насичених і збільшення вмісту ненасичених жирних кислот, збільшення вмісту ПНЖК родини омега-3, поліпшення співвідношення між вмістом ПНЖК омега-3, -6 та -9.

Висновки

Як показали результати газохроматографічного дослідження жирнокислотного складу сиру, додавання 5 % лляного насіння до сиру Гауда у технологічному процесі його виготовлення через 60 днів визрівання призвело до позитивних переваг у жирнокислотному профілі порівняно з контрольним зразком.

Зокрема, встановлено, що сумарний вміст насичених жирних кислот у контрольному зразку становив 68,6 %, а в сири Гауда з 5 % насіння льону (дослідний

зразок) – 62,3 %, тимчасом як вміст ненасичених жирних кислот складав відповідно – 31,4 та 37,7 %.

Також у дослідному зразку показано збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот родини омега-3, зокрема α -ліноленової кислоти на 40 % порівняно з контрольним зразком. У дослідному зразку сиру Гауда з насінням льону встановлено поліпшення співвідношення між відносним вмістом ПНЖК родин ω -3/ ω -6/ ω -9, яке становило 1 : 1,8 : 7,4. Отримані результати у зміні жирнокислотного складу дослідного зразка сиру дозволяють рекомендувати його як продукт функціонального призначення – за рахунок високого вмісту ПНЖК родини ω -3 і збалансованого співвідношення між вмістом ПНЖК родин ω -3 / ω -6 / ω -9.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Barać, M., Kresojević, M., Špirović-Trifunović, B., Pešić, M., Vučić, T., Kostić, A., & Despotović, S. (2018). Fatty acid profiles and mineral content of Serbian traditional white brined cheeses. *Mljekarstvo*, 68(1), 37–45. URL: <https://hrcak.srce.hr/file/283669>.
- Çetinkaya, A., & Öz, F. (2018). Changes in cholesterol and free fatty acid content of Kars Gravyer Cheese (A Turkish dairy product produced by the traditional method). *Ukrainian Food Journal*, 7(3), 409–420. DOI: 10.24263/2304-974X-2018-7-3-6.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Ladero, L., Cava, R., & Ramírez, R. (2009). Free fatty acids and oxidative changes of a Spanish soft cheese (PDO ‘Torta del Casar’) during ripening. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44(9), 1721–1728. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.01987.x.
- Ganesan, B., Brothersen, C., & McMahon, D. J. (2014). Fortification of foods with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(1), 98–114. DOI: 10.1080/10408398.2011.578221.
- Goyal, A., Sharma, V., & Upadhyay, N. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *J Food Sci Technol*, 51, 1633–1653. DOI: 10.1007/s13197-013-1247-9.
- Holubets, O. V., & Vudmaska, I. V. (2010). Vyznachennia zhyrnokyslotnoho skladu lipidiv metodom kapiliarnoi hazoridynnoi khromatohrafi. *Metodychni rekomendatsii*, Lviv (in Ukrainian).
- Lee, S. H., Kim, Y. B., Kim, D. H. et al. (2021). Dietary soluble flaxseed oils as a source of omega-3 polyunsaturated fatty acids for laying hens. *Poultry Science*, 100(8), 101276. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101276.
- Lewinska, A., Zebrowski, J., Duda, M., Gorka, A., & Wnuk, M. (2015). Fatty Acid Profile and Biological Activities of Linseed and Rapeseed Oils. *Molecules*, 20(12), 22872–22880. DOI: 10.3390/molecules201219887.
- Lialyk, A. T., Pokotylo, O. S., & Kukhtyn, M. D. (2019). Microbiological parameters of cheese paste with the content of flaxseed oil at different storage temperatures. *Scientific Messenger LNUVMB*, 21(91), 124–129. DOI: 10.32718/nvlvet-f9121.
- Lialyk, A., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Beyko, L., Horiuk, Y., Dobrovolska, S., & Mazur, O. (2020). Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 19(2), 216–222. DOI: 10.36547/nbc.v19i2.776.
- Pokotylo, O. S. (2008). Vplyv polinenasychenykh zhyrnykh kyslot rodyny ω -3 i ω -6 na lipohenez i kholesterynohenez v orhanizmi morskykh svynok i bilykh shchuriv za normalnykh umov i pry kholesterynovomu navantazheni: Avtoref. dys.... dokt. biol. nauk: 00.03. 04 – Biokhimiia. Lviv (in Ukrainian).
- Romakin, V. V. (2006). Kompiuternyi analiz danykh: Navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: Vyd-vo MDHU im. Petra Mohyly (in Ukrainian).
- Semeniuc, C. A., Mandrioli, M., Socaci, B. S., et al. (2022). Changes in lipid composition and oxidative status during ripening of Gouda-type cheese as influenced by addition of lavender flower powder. *Int. Dairy J.* 133, 105427. DOI: 10.1016/j.idairyj.2022.105427.
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother*, 56(8), 365–379. DOI: 10.1016/s0753-3322(02)00253-6.
- Smoliar, V. I. (2006). Kontsepsiia idealnoho zhyrovoho kharchuvannia. *Problemy kharchuvannia*, 4, 14–24 (in Ukrainian).