

УДК 619:612.015

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2026.51>

КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТВЕРДОГО СИРУ З НАСІННЯМ ЛЬОНУ МЕТОДОМ ФАКТОРНИХ ПЛОЩ

Лариса Вацлавівна Баль-Прилипка*доктор технічних наук, професор*<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>**Ігор Миколайович Устименко***кандидат технічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0003-0171-5780>**Давид Арамович Арутюнян***аспірант,*<https://orcid.org/0009-0005-9272-0703>**Михайло Михайлович Муштрук***Кандидат технічних наук, доцент*<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>**Марія Михайлівна Жеплінська***кандидат технічних наук, доцент,*<https://orcid.org/0000-0002-7286-3003>*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
03041, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна.*

Анотація. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю коригування жирнокислотного складу традиційних харчових продуктів та розроблення методичних підходів, здатних забезпечити комплексне оцінювання змін їх якісного стану. Перспективним способом модифікації ліпідної складової твердих сирів є використання насіння льону як джерела поліненасичених жирних кислот. Метою дослідження було комплексне оцінювання якості твердого сичужного сиру з насінням льону методом факторних площ та визначення найбільш перспективної рецептури за сукупністю досліджених показників. Досліджували контрольний зразок і три дослідні зразки з масовою часткою насіння льону 1,5; 3,0 та 5,0 %. Визначали динаміку розвитку молочнокислих мікроорганізмів, вміст насичених і поліненасичених жирних кислот. Для інтегрального оцінювання експериментальні показники нормували відносно контрольного зразка та формували відповідні факторні простори. Встановлено, що збільшення вмісту насіння льону до 5,0 % супроводжувалося зростанням максимальної кількості молочнокислих мікроорганізмів із 17,0 до 22,9 колонієутворювальних одиниць на грам та швидкості їх розвитку з 0,0708 до 0,0954 колонієутворювальних одиниць на грам за годину. Водночас частка насичених жирних кислот зменшилася з 68,6 до 62,3 %, а поліненасичених – збільшилася з 31,4 до 37,7 %. Для зразка з 5,0 % насіння льону нормовані показники максимальної кількості та швидкості розвитку молочнокислих мікроорганізмів перевищували контрольні значення відповідно на 35,0 та 34,8 %, а вмісту поліненасичених жирних кислот – на 20,0 %. Факторна площа контрольного зразка становила 2,378 ум. од.², тоді як для зразків із 1,5; 3,0 та 5,0 % насіння льону – відповідно 2,68; 3,10 та 3,15 ум. од.². Найвищу інтегральну оцінку встановлено для зразка з 5,0 % насіння льону, факторний простір якого становив 132 % від контрольного. Практична цінність одержаних результатів полягає в обґрунтуванні рецептури з 5,0 % насіння льону як найбільш перспективної серед досліджених варіантів та підтвердженні можливості застосування методу факторних площ для кількісного порівняння багатокомпонентних харчових систем за сукупністю різномірних показників.

Ключові слова: жирнокислотний профіль; поліненасичені жирні кислоти; молочнокислі мікроорганізми; факторний простір; інтегральний критерій; нормування показників.

UDC 619:612.015

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2026.51>

COMPREHENSIVE QUALITY ASSESSMENT OF HARD CHEESE WITH FLAX SEEDS USING THE FACTOR AREA METHOD

Larysa Bal-Prylypko

Doctor of Technical Sciences

<https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

Ihor Ustymenko

Ph.D. (Engineering), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0171-5780>

David Arutiunian

postgraduate student

<https://orcid.org/0009-0005-9272-0703>

Mikhailo Mushtruk

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-3646-1226>

Marija Zheplinska

PhD in Technical Sciences, Associate Professor National,

<https://orcid.org/0000-0002-7286-3003>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

03041, 15 Heroes of Defense St., Kyiv, Ukraine.

Abstract. The relevance of this study is determined by the need to improve the fatty acid composition of traditional food products and to develop methodological approaches that enable a comprehensive assessment of changes in their quality characteristics. The use of flaxseed as a source of polyunsaturated fatty acids represents a promising approach to modifying the lipid composition of hard cheeses. The study aimed to comprehensively assess the quality of hard rennet cheese containing flaxseed using the factor area method and to identify the most promising formulation based on the overall set of investigated parameters. A control sample and three experimental samples containing 1.5, 3.0, and 5.0% flaxseed were investigated. The dynamics of lactic acid microorganism growth and the contents of saturated and polyunsaturated fatty acids were determined. For integral assessment, the experimental parameters were normalized relative to the control sample and used to construct the corresponding factor spaces. Increasing the flaxseed content to 5.0% resulted in an increase in the maximum count of lactic acid microorganisms from 17.0 to 22.9 colony-forming units per gram and in their growth rate from 0.0708 to 0.0954 colony-forming units per gram per hour. At the same time, the proportion of saturated fatty acids decreased from 68.6 to 62.3%, whereas that of polyunsaturated fatty acids increased from 31.4 to 37.7%. For the sample containing 5.0% flaxseed, the normalized values of the maximum count and growth rate of lactic acid microorganisms exceeded the respective control values by 35.0 and 34.8%. In comparison, the polyunsaturated fatty acid content was 20.0% higher. The factor area of the control sample was 2.378 arbitrary units², whereas the corresponding values for the samples containing 1.5, 3.0, and 5.0% flaxseed were 2.68, 3.10, and 3.15 arbitrary units², respectively. The highest integral assessment was obtained for the sample containing 5.0% flaxseed, with its factor space reaching 132% of the control value. The practical significance of the results lies in substantiating the formulation containing 5.0% flaxseed as the most promising among the investigated variants and in demonstrating the applicability of the factor area method for quantitatively comparing multicomponent food systems based on a set of heterogeneous quality parameters.

Keywords: fatty acid profile; polyunsaturated fatty acids; lactic acid microorganisms; factor space; integral criterion; parameter normalization.

ВСТУП. Сучасні тенденції розвитку харчової науки передбачають розгляд продуктів харчування не лише як джерела енергії та основних поживних речовин, а й як важливого чинника забезпечення організму біологічно активними та есенціальними компонентами. Рациональне надходження таких речовин може сприяти підтриманню фізіологічних функцій організму, профілактиці аліментарно залежних захворювань та підвищенню якості життя людини (Lialyk *et al.*, 2020; Horiuk & Uglyar, 2021; Karyuk *et al.*, 2021).

Поглиблення наукових уявлень про взаємозв'язок між харчуванням і станом здоров'я стало передумовою активного розвитку концепції функціональних харчових продуктів. До цієї категорії відносять продукти, склад і властивості яких спрямовані не лише на задоволення основних харчових потреб, а й на забезпечення додаткового позитивного фізіологічного ефекту за умов їх систематичного споживання (Essa *et al.*, 2023).

Одним із перспективних напрямів створення функціональних продуктів є коригування їхнього нутрієнтного складу шляхом збагачення вітамінами, мінеральними речовинами, поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК) та іншими біологічно цінними компонентами. Такий підхід дає змогу підвищувати харчову та біологічну цінність традиційних продуктів і розширювати їхні функціональні властивості (Kukhtyn *et al.*, 2021). Регулярне включення таких продуктів до раціону може сприяти оптимізації харчового статусу та підтриманню нормального функціонування органів і систем організму людини (Dalevska *et al.*, 2021; Kukhtyn *et al.*, 2022).

Особливе значення серед компонентів ліпідної складової харчових продуктів мають поліненасичені жирні кислоти (Ustymenko *et al.*, 2023). Незамінні жирні кислоти, зокрема лінолева (ω -6) та α -ліноленова (ω -3), не синтезуються організмом людини та повинні надходити з їжею (Mititelu *et al.*, 2025). Водночас важливим є не лише загальний вміст жиру в раціоні, а й його жирнокислотний склад та співвідношення окремих груп жирних кислот.

З огляду на це, одним із актуальних напрямів удосконалення складу харчових продуктів є часткова заміна насичених жирних кислот ненасиченими, зокрема поліненасиченими. Такий підхід узгоджується із сучасними рекомендаціями щодо оптимізації якісного складу харчових жирів та дає змогу підвищувати біологічну цінність жирової складової продукту (Ustymenko *et al.*, 2023). Актуальність цього напрямку також пов'язана з недостатнім надходженням окремих ПНЖК із традиційними раціонами харчування (Egalini *et al.*, 2026).

У зв'язку з цим перспективним є створення та удосконалення традиційних харчових продуктів із модифікованим жирнокислотним складом, споживання яких може бути додатковим джерелом ПНЖК у раціоні людини (Calder *et al.*, 2026). Особливий інтерес у цьому контексті становлять продукти, жировий компонент яких характеризується значною часткою насичених жирних кислот.

До таких продуктів належать тверді сири, які користуються стабільним попитом, характеризуються високою харчовою цінністю та є джерелом повноцінного білка, молочного жиру, мінеральних речовин і інших нутрієнтів. Водночас жирова фаза традиційних сирів містить значну частку насичених жирних кислот і порівняно невисоку частку ПНЖК (Paszczyk, 2022). Це створює передумови для цілеспрямованого коригування жирнокислотного складу сирів шляхом удосконалення їхніх рецептур.

Перспективним способом такого коригування є введення до рецептури компонентів, багатих на ненасичені та поліненасичені жирні кислоти. Модифікація жирової складової дає змогу змінювати співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот та покращувати окремі показники харчової цінності продукту. Водночас зміна складу жирової фази може впливати на фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні характеристики сирів. Тому обґрунтування рецептури не може ґрунтуватися виключно на визначенні вмісту ПНЖК, а потребує комплексного врахування показників якості готового продукту.

У сучасних дослідженнях сирів із модифікованою жировою складовою поряд із визначенням загального вмісту насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот застосовують їх співвідношення та інтегральні індекси ліпідної якості. Такий підхід дає

змогу більш повно характеризувати харчову цінність жирової фази продукту. Водночас збільшення кількості досліджуваних характеристик ускладнює однозначний вибір оптимального зразка лише шляхом послідовного порівняння окремих показників.

Традиційні методи оцінювання якості переважно передбачають аналіз окремих характеристик продукту, що не завжди забезпечує можливість об'єктивного інтегрального порівняння дослідних зразків між собою та з визначеним еталоном (Li *et al.*, 2022; Kowalska *et al.*, 2023). Особливої актуальності ця проблема набуває під час розроблення багатокомпонентних рецептур, коли покращення одного показника може супроводжуватися зміною інших характеристик готового продукту.

Тому для обґрунтування рецептурного складу перспективним є застосування математичних методів комплексного оцінювання якості. Використання факторних просторів і геометричних моделей дає змогу привести різнорозмірні показники до порівняльного вигляду, одночасно врахувати сукупність критеріїв якості, визначити ступінь наближення дослідних зразків до заданих або еталонних значень та обґрунтовано встановити найбільш перспективний варіант рецептури (Chen & Pan, 2023).

Одним із таких підходів є метод факторних площ, який передбачає формування геометричної моделі на основі нормованих значень обраних показників. Площа сформованої багатокутної моделі може використовуватися як інтегральний критерій для порівняння дослідних зразків. Це дає змогу узагальнювати результати багатопараметричних досліджень і кількісно характеризувати якісний стан досліджуваного харчового продукту (Erdogdu, 2023).

Незважаючи на наявність значної кількості досліджень жирнокислотного складу сирів, більшість із них зосереджена на визначенні та порівнянні окремих груп жирних кислот або окремих фізико-хімічних характеристик продукту. Питання одночасного врахування жирнокислотного складу та комплексу фізико-хімічних показників твердих сирів у межах єдиної математичної моделі для інтегрального оцінювання якості та обґрунтування найбільш збалансованої рецептури залишається недостатньо дослідженим. Саме поєднання коригування жирнокислотного складу з математичним комплексним оцінюванням якості дає змогу більш обґрунтовано визначати перспективність розроблених рецептур.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – комплексне оцінювання якості твердих сирів із модифікованим жирнокислотним складом методом факторних площ з урахуванням вмісту поліненасичених жирних кислот і фізико-хімічних показників, а також визначення найбільш збалансованої рецептури.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. За результатами досліджень встановлено, що жирнокислотний склад харчових продуктів є важливим чинником, який визначає їхню харчову та біологічну цінність і може впливати на функціональний стан організму людини (Poli *et al.*, 2023). Зокрема, достатнє надходження поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) пов'язують зі зниженням ризику розвитку низки захворювань, насамперед серцево-судинних (Omachi *et al.*, 2024). У зв'язку з цим, розроблення та розширення асортименту харчових продуктів із підвищеним вмістом ПНЖК є перспективним напрямом сучасної харчової промисловості (Mititelu *et al.*, 2025).

Одним із перспективних об'єктів для коригування жирнокислотного складу є тверді сири, які посідають вагоме місце в раціоні населення та характеризуються високою харчовою цінністю (Paszczyk, 2022). Жирова складова твердих сирів представлена широким спектром жирних кислот, кількісне співвідношення яких залежить від складу молочної сировини, технології виробництва та умов дозрівання продукту (Bittante *et al.*, 2024). При цьому молочний жир характеризується високим ступенем засвоюваності, який, за даними літератури, становить 88–94 % (Hueso *et al.*, 2025).

Водночас у жирнокислотному складі традиційних твердих сирів переважають насичені жирні кислоти, тоді як частка ПНЖК є порівняно невисокою (Semeniuc *et al.*, 2022). З огляду

на це, актуальним напрямом удосконалення їх складу є підвищення вмісту ПНЖК шляхом використання сировини рослинного походження. Застосування рослинних олій, насіння та інших компонентів із високим вмістом ненасичених жирних кислот дає змогу цілеспрямовано модифікувати жирову складову та одержувати молочно-рослинні продукти з підвищеною біологічною цінністю (El-Metwally *et al.*, 2023; Klir Šalavardić *et al.*, 2023; Arango *et al.*, 2026).

Однак модифікація рецептурного складу твердих сирів потребує комплексного оцінювання якості готового продукту. Традиційні підходи передбачають визначення окремих характеристик, зокрема жирнокислотного та амінокислотного складу, а також фізико-хімічних, органолептичних і структурно-механічних показників. Аналіз кожного з них окремо дає змогу охарактеризувати певні властивості продукту, проте ускладнює формування узагальненої оцінки якості та об'єктивне порівняння кількох дослідних рецептур (Hoffer, 2016).

Для усунення зазначеного обмеження доцільним є застосування математичних методів комплексного оцінювання, які забезпечують інтегрування сукупності різномірних характеристик у єдину систему. Одним із таких підходів є багатофакторний аналіз, що ґрунтується на формуванні факторного простору з показників, які визначають якісний стан досліджуваного продукту. До факторного простору можуть бути включені показники жирнокислотного складу, харчової та біологічної цінності, а також фізико-хімічні, органолептичні, структурно-механічні та технологічні характеристики.

Оскільки зазначені показники мають різну фізичну природу, одиниці вимірювання та діапазони значень, для їх сумісного аналізу здійснюють нормування з переведенням у безрозмірну форму. Така процедура забезпечує їхню зіставність і дає змогу сформулювати узагальнений критерій якості.

Одним із методів реалізації такого підходу є метод факторних площ, який ґрунтується на графічному представленні нормованих показників у полярній системі координат. Значення кожного показника відкладають уздовж відповідної факторної осі, а послідовне з'єднання отриманих точок утворює багатокутник. Його площа використовується як інтегральний критерій, що дає змогу кількісно характеризувати сукупність досліджуваних властивостей продукту та порівнювати дослідні зразки між собою, із контрольним зразком або з встановленими еталонними значеннями.

Важливою перевагою методу факторних площ є поєднання диференційного та інтегрального підходів до оцінювання. Аналіз значень за окремими факторними осями дає змогу встановити внесок конкретних показників у формування якості продукту, тоді як площа багатокутника відображає їхню сукупну характеристику. Це забезпечує можливість не лише ранжування дослідних зразків, а й виявлення показників, які найбільше визначають відмінності між рецептурами, що є важливим для подальшого коригування рецептурних і технологічних параметрів.

Аналіз наукових публікацій свідчить, що дослідження якості твердих сирів переважно зосереджені на визначенні окремих груп показників, зокрема жирнокислотного складу, фізико-хімічних характеристик та індексів ліпідної цінності. Водночас застосування інтегральних математичних підходів, які забезпечують одночасне врахування жирнокислотного складу та комплексу показників якості твердих сирів із модифікованою жировою складовою, висвітлено недостатньо.

Таким чином, застосування методу факторних площ є перспективним для комплексного оцінювання якості твердих сирів із модифікованим жирнокислотним складом. Його використання дає змогу інтегрувати різномірні показники в єдину систему оцінювання, здійснити кількісне порівняння дослідних зразків і на цій основі обґрунтувати вибір найбільш збалансованої рецептури.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Об'єктами дослідження були контрольний та три дослідні зразки твердого сичужного сиру, виготовлені за розробленою рецептурою з додаванням насіння льону. Масова частка насіння льону в дослідних зразках становила: 1,5 % – зразок №

1; 3,0 % - зразок № 2; 5,0 % – зразок № 3. Контрольний зразок використовували як базовий для порівняння отриманих експериментальних показників.

Якісний стан контрольного та дослідних зразків оцінювали за комплексом із п'яти показників: максимальною кількістю молочнокислих мікроорганізмів (МКМ), що утворюються протягом 60 діб дозрівання; зміною кількості МКМ упродовж 60 діб дозрівання; швидкістю розвитку МКМ; загальним вмістом насичених жирних кислот; загальним вмістом поліненасичених жирних кислот.

Для забезпечення можливості комплексного математичного опрацювання показників, виражених у різних одиницях вимірювання, їх експериментальні значення переводили в безрозмірну форму. Нормування здійснювали шляхом визначення відношення відповідного показника дослідного зразка до його значення в контрольному зразку. Відповідно, безрозмірні значення всіх показників контрольного зразка приймалися такими, що дорівнюють 1,0 (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026).

Для комплексного оцінювання якісного стану дослідних зразків застосовували метод факторних площ. Математичну модель представляли у вигляді п'ятикутника, радіус-вектори якого відповідали нормованим значенням п'яти досліджуваних показників. Значення поточних параметрів якості відкладали від центру багатокутника вздовж відповідних радіус-векторів (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026).

Враховуючи представлені вище гіпотези для здійснення математичного моделювання методом «факторних площ», необхідно визначити величини площ, описані якісними характеристиками під час побудови геометричної моделі. При визначенні величини площі нормативних параметрів S_n , що описуються правильним багатокутником скористалися відомою формулою:

$$S_n = \frac{mR^2 \sin^2(\frac{180}{m})}{\operatorname{tg}(\frac{180}{m})} \quad (1)$$

де m – кількість кутів або сторін багатокутника; a – величина сторони багатокутника, яку можна знайти через напівдіагональ R_n як:

$$a = 2R_n \sin(\frac{180}{m}) \quad (2)$$

Тоді шукана величина площі правильного багатокутника становить:

$$S_n = \frac{mR^2 \sin^2(\frac{180}{m})}{\operatorname{tg}(\frac{180}{m})} = mR^2 \sin(\frac{180}{m}) \cdot \cos(\frac{180}{m}) = 0,5mR^2 \sin(\frac{360}{m}) \quad (3)$$

Для досліджуваного факторного простору дослідних зразків, що представляється у вигляді 5-кутника, за формулою (3) шукана площа становить $S_n = 2,378$ ум. од.

Оскільки кількість оціночних параметрів становила $m = 5$, нормативний факторний простір контрольного зразка представляли у вигляді правильного п'ятикутника з одиничними значеннями радіус-векторів.

Візуалізацію математичної моделі представили у вигляді 5-кутника, напівдіагоналі якого становлять значення поточних параметрів якості досліджуваного зразка продукції, наведені у безрозмірних одиницях. Чисельно факторний простір даної продукції визначали площею побудованої фігури, для чого був виведений наступний математичний алгоритм (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026):

$$S_{05} = 0,5 \sin \alpha \cdot [R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_4 + R_4 \cdot R_5 + R_5 \cdot R_1] \quad (4)$$

де S_i – факторна площа поточних параметрів дослідного зразка, ум. од.²; R_1 – R_5 – нормовані значення відповідних показників якості; α – центральний кут між суміжними радіус-векторами.

Порівняльне оцінювання якісного стану контрольного та дослідних зразків твердого сичужного сиру з різним вмістом насіння льону здійснювали методом факторних площ.

Експериментально визначені показники нормували відносно відповідних значень контрольного зразка та подавали у вигляді безрозмірних величин. Комплексну оцінку проводили на основі алгебраїчних і геометричних співвідношень між факторними просторами контрольних і поточних параметрів якості (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026).

На основі величин обраних оціночних параметрів та розрахованих факторних площ якісного стану досліджуваних зразків рецептури консервованої продукції використовували розроблений коефіцієнт відповідності інтервалу якості $k_{в\text{ія}} = S_i / S_n$ (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026), який показує, наскільки близько якість досліджуваного продукту відповідає нормативним показникам у певному факторному просторі.

Для оцінювання частки (у %) простору поточних якісних параметрів у просторі нормативних показників використовували розроблений *питомий коефіцієнт відповідності інтервалу якості* $\varphi_{в\text{ія}} = \frac{|S_n - S_i|}{S_n} \cdot 100\%$ (Palamarchuk *et al.*, 2025; Palamarchuk *et al.*, 2026; Mushtruk *et al.*, 2026).

На основі нормованих значень обраних оціночних параметрів і розрахованих факторних площ здійснювали інтегральне оцінювання якісного стану досліджуваних зразків. Для цього використовували коефіцієнт відповідності контрольному зразку $k_{вк}$, який характеризує співвідношення факторної площі дослідного та контрольного зразків і визначається за залежністю:

$$k_{вк} = S_i / S_k$$

де S_i – факторна площа поточних параметрів якості дослідного зразка, ум. од.²; на площі контрольного зразка, ум. од.², S_k – факторна площа контрольного зразка, ум. од.².

Значення $k_{вк}$ характеризує ступінь відповідності комплексного якісного стану дослідного зразка контрольному за сукупністю обраних оціночних параметрів. При $k_{вк} = 1$ факторні площі дослідного та контрольного зразків є рівними, тоді як відхилення коефіцієнта від одиниці відображає зміну інтегральної оцінки якості дослідного зразка відносно контролю.

Отримані значення факторних площ та інтегральних коефіцієнтів використовували для порівняльного оцінювання якісного стану дослідних зразків твердого сичужного сиру залежно від масової частки насіння льону в рецептурі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Результати експериментального визначення досліджуваних показників контрольних і дослідних зразків твердого сичужного сиру з різною масовою часткою насіння льону наведено в табл. 1.

Аналіз отриманих даних показав, що введення насіння льону до рецептури твердого сичужного сиру супроводжувалося зміною досліджуваних мікробіологічних показників і жирнокислотного складу готового продукту. Максимальна кількість МКМ у контрольному зразку становила 17 КУО/г, тоді як у зразках № 1, № 2 та № 3 вона становила відповідно 19,3; 22,8; 22,9 КУО/г.

Швидкість розвитку МКМ також зростала зі збільшенням масової частки насіння – льону. Для контрольного зразка її значення становило 0,0708 КУО/г за 1 год, для зразка № 1 – 0,0804, зразка № 2 – 0,0950, а зразка № 3 – 0,0954 КУО/г за 1 год.

Також встановлено зміну жирнокислотного складу досліджуваних зразків. Загальний вміст насичених жирних кислот зменшувався з 68,6 % у контрольному зразку до 67,5 % у зразку № 1, 64,2 % – у зразку № 2 та 62,3 % – у зразку № 3. Водночас вміст поліненасичених жирних кислот збільшувався відповідно до 31,4 %, 32,5 %, 35,8 % та 37,7 %. Таким чином, найбільший вміст поліненасичених жирних кислот встановлено у зразку № 3 із 5,0 % насіння льону.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники контрольного та дослідних зразків твердого сичужного сиру

№ п/п	Найменування оціночного показника	Контрольний зразок	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
1	Максимальна кількість МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, КУО/г	17	19,3	22,8	22,9
2	Зміна кількості МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, КУО/г	8,12	8,15	8,16	8,07
3	Швидкість розвитку МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, КУО/г на 1 год	0,0708	0,0804	0,095	0,0954
4	Загальний вміст насичених жирних кислот, %	68,6	67,5	64,2	62,3
5	Загальний вміст поліненасичених жирних кислот, %	31,4	32,5	35,8	37,7

Джерело: розроблено автором на основі лабораторних досліджень.

Примітки: МКМ – молочнокислі мікроорганізми

Для забезпечення комплексного оцінювання експериментальні значення показників було нормовано відносно відповідних значень контрольного зразка. Розраховані безрозмірні коефіцієнти наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Нормовані показники якості контрольного та дослідних зразків твердого сичужного сиру

№ п/п	Найменування оціночного показника	Контрольний зразок	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
1	Максимальна кількість МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, ум. од.	1,0	1,135	1,34	1,35
2	Зміна кількості МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, ум. од.	1,0	1,0036	1,0049	0,994
3	Швидкість розвитку МКМ, що утворюються протягом 60 діб дозрівання, ум. од.	1,0	1,136	1,342	1,348
4	Загальний вміст жирних кислот, ум. од.	1,0	0,984	0,936	0,908
5	Загальний вміст ненасичених жирних кислот, ум. од.	1,0	1,054	1,127	1,2

Джерело: розроблено автором на основі лабораторних досліджень.

Аналіз нормованих показників свідчить, що для зразка № 1 максимальна кількість МКМ перевищувала контрольне значення на 13,5 %, а швидкість їх розвитку – на 13,6 %. Для зразка № 2 відповідне перевищення становило 34,0 та 34,2 %, а нормований показник вмісту

поліненасичених жирних кислот був вищим за контрольний на 12,7 %. Для зразка № 3 максимальна кількість МКМ перевищувала контрольне значення на 35,0 %, швидкість їх розвитку – на 34,8 %, а показник вмісту поліненасичених жирних кислот – на 20,0 %.

Використовуючи розрахункові значення поточних параметрів R_i (табл.2), побудували геометричну модель якості досліджуваного зразка №1 сичужного сиру на основі однобічного оцінювання за позитивними оціночними характеристиками (рис.1). При побудові даної моделі оціночні параметри в безрозмірних одиницях відкладали від центру фігури багатокутника по напівдіагоналях, користуючись даними таблиці 2.

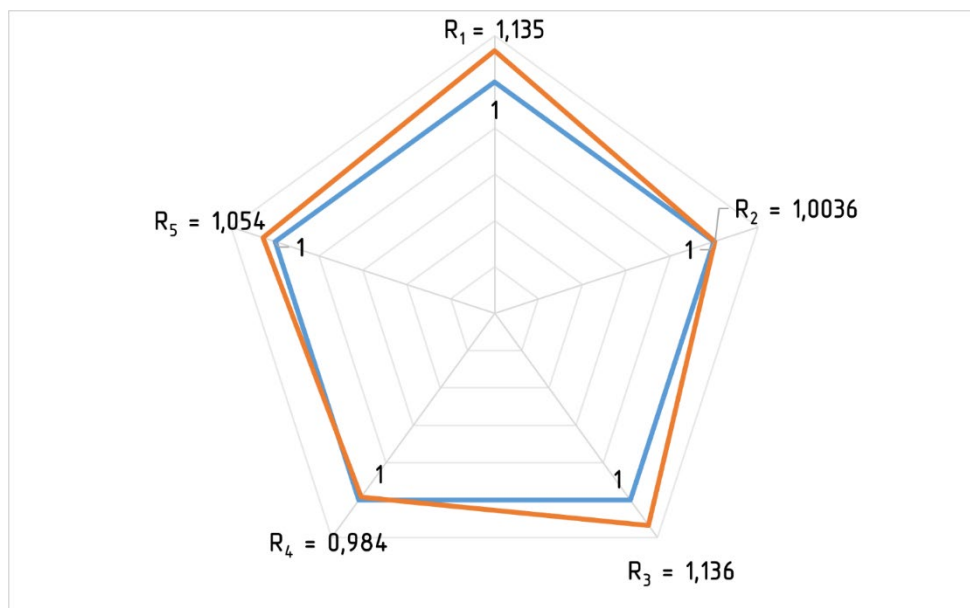


Рисунок. 1. Математична модель якості досліджуваного зразка № 1 сичужного сиру при використанні однобічної оцінки факторного простору

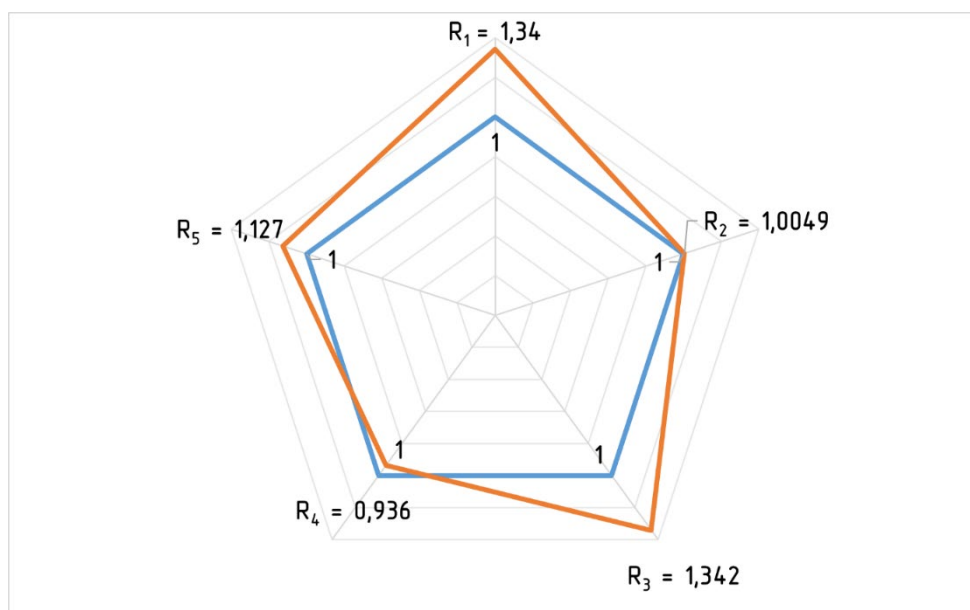


Рисунок. 2. Математична модель якості досліджуваного зразка № 2 сичужного сиру при використанні однобічної оцінки факторного простору

Аналіз отриманої моделі на рис. 1 свідчить, що зразок № 1 сичужного сиру за

розробленою рецептурою при використанні диференціальної оцінки перевищує контрольні значення за двома характеристиками, а саме, на 13,5 % за максимальна кількістю молочнокислих мікроорганізмів, що утворюються протягом 60 діб дозрівання та на 13,6 % - за швидкістю розвитку молочнокислих мікроорганізмів у період дозрівання (табл. 2). Решта параметрів якості знаходиться у межах контрольної межі. При використанні інтегральної оцінки факторний простір якісного стану складає 113 % від факторного простору контрольного зразка (табл.3). Враховуючи, що використані оціночні характеристики є позитивними, то така оцінка свідчить про більш високий якісний стан зразка № 1 сичужного сиру за розробленою рецептурою порівняно із контрольним зразком.

Використовуючи розрахункові значення поточних параметрів R_i , визначені за представленою вище методикою (табл. 2), побудували геометричну модель якості досліджуваного зразка №2 сичужного сиру на основі однобічного оцінювання (рис. 2).

Аналіз геометричних моделей на рис.2 свідчить, що зразок № 2 сичужного сиру за розробленою рецептурою при використанні диференціальної оцінки перевищує контрольні значення за чотирма характеристиками, зокрема, на 34 % за максимальна кількість молочнокислих мікроорганізмів, що утворюються протягом 60 діб дозрівання; на 34,2 % - за швидкістю розвитку молочнокислих мікроорганізмів у період дозрівання та 12,7 % - за загальним вмістом ненасичених жирних кислот (табл.2). Загальний вміст жирних кислот для даного зразка знаходиться у межах контрольної межі. При використанні інтегральної оцінки факторний простір якісного стану складає 130,4 % від факторного простору контрольного зразка (табл.3). Враховуючи, що використані оціночні характеристики є позитивними, то така оцінка свідчить про більш високий якісний стан зразка №2 сичужного сиру за розробленою рецептурою порівняно із контрольним зразком та зразком №1.

Використовуючи описану методику розрахунку та результати відповідних експериментальних досліджень, були отримані оціночні характеристики якісного стану зразка №3 сичужного сиру та занесені до таблиці 2.

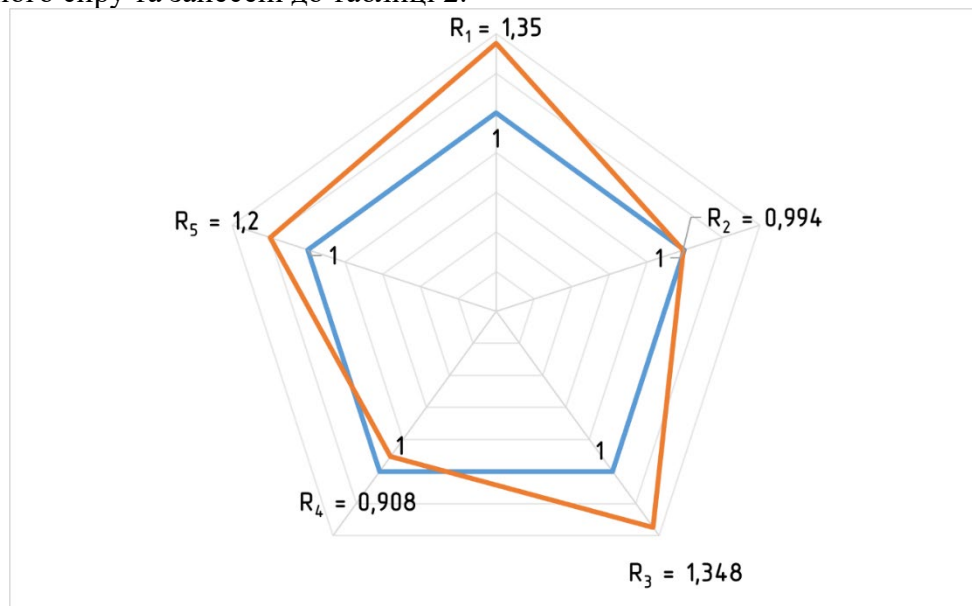


Рисунок. 3. Математична модель якості досліджуваного зразка № 3 сичужного сиру при використанні однобічної оцінки факторного простору

Аналіз геометричних моделей на рис. 3 свідчить, що зразок № 3 сичужного сиру за розробленою рецептурою при використанні диференціальної оцінки перевищує контрольні значення за чотирьома характеристиками, зокрема, на 35 % за максимальна кількість молочнокислих мікроорганізмів, що утворюються протягом 60 діб дозрівання; на 34,8 % - за швидкістю розвитку молочнокислих мікроорганізмів у період дозрівання та 20 % - за загальним вмістом ненасичених жирних кислот (табл. 2). Загальний вміст жирних кислот для

даного зразка знаходиться у межах контрольної межі. При використанні інтегральної оцінки факторний простір якісного стану складає 132 % від факторного простору контрольного зразка (табл.3). Враховуючи, що використані оціночні характеристики є позитивними, то така оцінка свідчить про більш високий якісний стан зразка № 3 сичужного сиру за розробленою рецептурою порівняно із контрольним зразком, зразками № 1 та № 2.

Для реалізації інтегральної оцінки досліджуваних зразків сичужного сиру під час використання факторних просторів було обрано такі критерії оцінювання (табл.3) та рис. 3.

Таблиця 3. Критерії оцінки якісного стану досліджуваних зразків сичужного сиру

№ п/п	Зразки досліджуваних сичужного сиру	Факторна площа		Критерії оцінки якості ковбас	
		S_k , ум. од ²	S_i , ум. од ²	$k_{вiя}$	$k_{пiяз}$
1	Зразок №1	2,378	2,68	1,13	0,127
2	Зразок №2	2,378	3,1	1,304	0,304
3	Зразок №3	2,378	3,15	1,32	0,325
3	Контрольний зразок	2,378	2,378	1,0	-

Примітка: S_i – факторна площа поточних параметрів, що визначалась за двобічною оцінкою; S_k – факторна площа контрольного зразка; $k_{вiя} = S_i / S_k$ – коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості; $k_{пiяз} = (S_i - S_k) / S_k$ – коефіцієнт потенційного зростання якості

Коефіцієнт відповідності заданому інтервалу якості $k_{вiя}$ показує, наскільки факторна площа поточних параметрів відповідного зразка продукції відрізняється від нормативної та визначається за формулою (Palamarchuk et al., 2025; Palamarchuk et al., 2026; Mushtruk et al., 2026):

$$k_{вiя} = S_i / S_k \quad (5)$$

Коефіцієнт потенційного зростання якості $k_{пiяз}$ показує, наскільки зміна факторних площ обраних оціночних параметрів відповідного зразка продукції відрізняється від контрольного зразка та визначається за формулою (Palamarchuk et al., 2025; Palamarchuk et al., 2026; Mushtruk et al., 2026):

$$k_{пiяз} = (S_i - S_k) / S_k \quad (6)$$

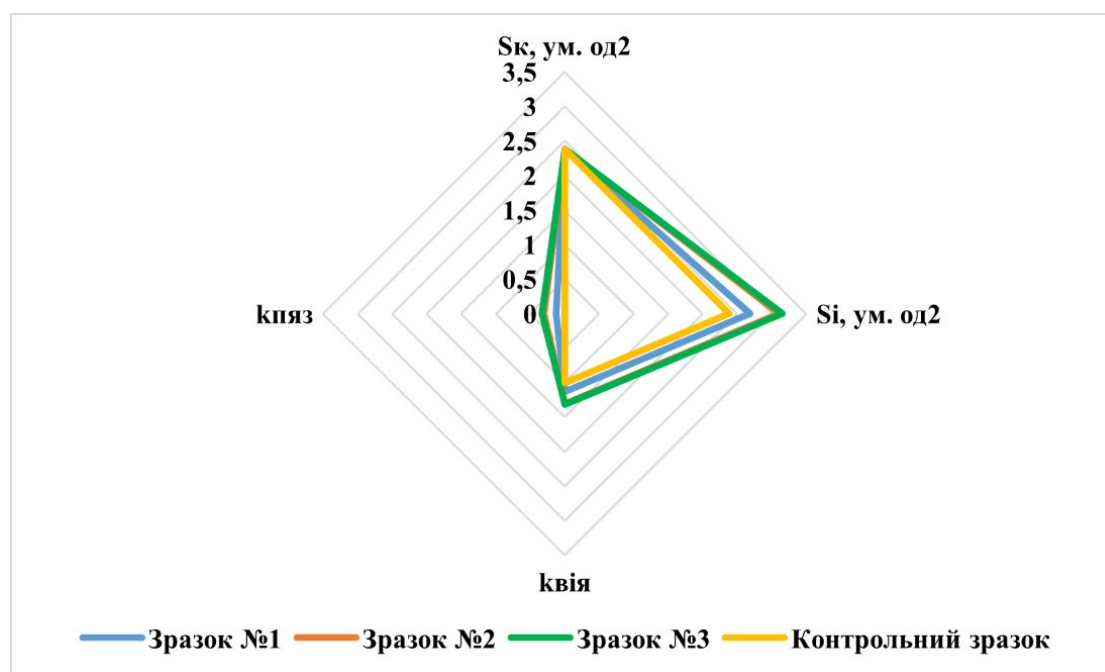


Рисунок. 4. Порівняльний аналіз зміни критеріїв оцінки якості досліджуваних зразків сичужного сиру

Найбільшим за якістю факторним простором виявився у зразка № 3 сичужного сиру за розробленою рецептурою, що є більшим на 17,5% для зразка № 1 та 1,6 % – для зразка № 2. За потенційним зростанням якісного стану зразок № 3 перевищує даний показник зразка №1 у 2,56 рази та зразок № 2 – на 6,9 %.

Результати проведених досліджень підтверджують перспективність використання насіння льону як рослинного компонента в технології твердого сиру та доцільність застосування методу факторних площ для комплексного оцінювання його якісного стану. Встановлено, що введення насіння льону до рецептури супроводжувалося зміною комплексу досліджуваних показників, а зі збільшенням його масової частки від 1,5 до 5,0 % спостерігалось послідовне зростання інтегральної оцінки. Серед дослідних варіантів найбільшим факторним простором характеризувався зразок № 3 із вмістом 5,0 % насіння льону, що свідчить про його перевагу за сукупністю використаних критеріїв.

Отримані результати узгоджуються з даними Klir Šalavardić et al. (2024), які досліджували можливість коригування жирнокислотного складу напівтвердого козячого сиру шляхом використання конопляної макухи. Авторами встановлено позитивний вплив рослинної сировини на формування жирнокислотного профілю продукту, зокрема на вміст ненасичених жирних кислот. Спільним для обох досліджень є підтвердження можливості цілеспрямованого коригування харчової та біологічної цінності сирів за рахунок компонентів рослинного походження. Водночас дослідження відрізняються видом рослинної сировини та способом її використання: Klir Šalavardić et al. (2024) застосовували конопляну сировину, тоді як у нашій роботі насіння льону безпосередньо додавали до рецептури твердого сиру.

Подібні закономірності простежуються в дослідженні El-Metwally et al. (2023), присвяченому оцінюванню якості твердого сиру з використанням пасти денатурованого сироваткового білка. Авторами встановлено, що модифікація рецептурного складу продукту впливає на його жирнокислотний склад та інші технологічно важливі характеристики. Зокрема, внесення додаткового компонента сприяло зменшенню частки насичених і збільшенню частки ненасичених жирних кислот. Подібна тенденція встановлена й у нашому дослідженні: зі збільшенням вмісту насіння льону частка насичених жирних кислот зменшувалася, тоді як вміст поліненасичених жирних кислот зростав. Водночас результати El-Metwally et al. (2023), як і отримані нами дані, свідчать про необхідність оцінювання модифікованих сирів не за одним окремим показником, а за комплексом взаємопов'язаних характеристик.

Перспективність використання насіння рослин у технології сирів підтверджується також результатами дослідження Sağdıç and Emirmustafaoğlu (2025). Автори відзначають, що рослинне насіння є джерелом білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин і біологічно цінних ліпідних компонентів, що створює передумови для підвищення харчової та функціональної цінності готового продукту. Результати нашого дослідження конкретизують ці положення щодо використання насіння льону та показують, що збільшення його частки в дослідженому діапазоні супроводжується не лише зміною жирнокислотного складу, а й зростанням інтегральної оцінки якісного стану твердого сиру.

Одержані результати також узгоджуються з даними Sheikh et al. (2023), які досліджували можливість використання насіння кунжуту в технології сиру. Дослідниками встановлено перспективність застосування рослинної сировини для модифікації жирової складової продукту, зменшення вмісту насичених жирних кислот і формування продуктів із покращеними функціональними властивостями. Спільною рисою дослідження Sheikh et al. (2023) та нашої роботи є використання насіння олійних культур як інструменту цілеспрямованого формування властивостей сиру. Відмінність полягає у виді рослинної сировини та методичному підході до оцінювання отриманого ефекту. У нашому дослідженні вплив насіння льону оцінювали за сукупністю показників розвитку молочнокислих

мікроорганізмів і жирнокислотного складу з подальшим формуванням інтегральної характеристики якості продукту.

Порівняння отриманих результатів із даними зазначених авторів показує, що більшість досліджень сирів із рослинними або іншими функціональними компонентами орієнтована на аналіз окремих груп показників – жирнокислотного складу, харчової цінності, фізико-хімічних, структурно-механічних або функціональних властивостей. Такий підхід дає змогу встановити спрямованість зміни конкретної характеристики, однак ускладнює формування узагальненої оцінки у випадках, коли модифікація рецептури одночасно впливає на кілька різних показників.

У цьому контексті методологічний інтерес становлять положення Moughan and Lim (2024) щодо необхідності вдосконалення підходів до оцінювання харчової цінності продуктів. Розглядаючи питання оцінювання якості харчового білка, автори акцентують увагу на важливості врахування комплексу фізіологічно значущих характеристик. Хоча предметна спрямованість їхнього дослідження відрізняється від нашої, спільною методологічною позицією є необхідність переходу від інтерпретації окремого показника до більш комплексного представлення властивостей харчового продукту.

Зазначений підхід певною мірою також співвідноситься з положеннями Hoffer (2016), який розглядає білкову та амінокислотну цінність харчування як систему взаємопов'язаних біохімічних і фізіологічних характеристик. З позицій нашого дослідження принципове значення має необхідність урахування сукупності параметрів під час формування узагальненої характеристики харчового продукту. Це особливо актуально для продуктів із модифікованим рецептурним складом, оскільки введення додаткового компонента може одночасно впливати на кілька характеристик готової продукції.

Отримані нами результати розвивають зазначений підхід у напрямі комплексного оцінювання якості твердого сиру з насінням льону. Застосування методу факторних площ дало змогу привести різні за фізичною природою показники до зіставного безрозмірного вигляду та інтегрувати їх у єдиний факторний простір. На відміну від диференційованого аналізу окремих характеристик, такий підхід забезпечив можливість кількісно оцінити сукупний ефект модифікації рецептури та порівняти дослідні зразки з контрольним за комплексом обраних критеріїв.

Важливим результатом є встановлена закономірність збільшення факторної площі зі зростанням масової частки насіння льону. Для контрольного зразка факторна площа становила 2,378 ум. од.², тоді як для дослідних зразків із 1,5; 3,0 та 5,0 % насіння льону вона збільшувалася відповідно до 2,68; 3,10 та 3,15 ум. од.². Коефіцієнт відповідності контрольному зразку для зразків № 1, № 2 та № 3 становив відповідно 1,13; 1,304; 1,32. Така динаміка свідчить, що встановлений ефект був зумовлений не зміною одного окремого показника, а сукупністю досліджуваних характеристик.

Таким чином, отримані результати загалом узгоджуються з висновками Klir Šalavardić et al. (2024), El-Metwally et al. (2023), Sağdıç and Emirmustafaoğlu (2025) та Sheikh et al. (2023) щодо перспективності використання рослинних компонентів для цілеспрямованого формування складу та властивостей сирів. Водночас принциповою особливістю проведеного дослідження є комплексний підхід до оцінювання отриманого ефекту. Використання методу факторних площ дало змогу одночасно врахувати показники розвитку молочнокислих мікроорганізмів і жирнокислотного складу, представити їх у єдиному факторному просторі та отримати інтегральну характеристику якості готового продукту.

За сукупністю використаних критеріїв найвищу інтегральну оцінку отримано для зразка № 3 із вмістом 5,0 % насіння льону, факторна площа якого становила 3,15 ум. од.² або 132 % від відповідного показника контрольного зразка. Отже, саме цей варіант характеризувався найвищим комплексним показником серед досліджених рецептур. Водночас отриманий результат слід розглядати в межах дослідженого діапазону вмісту насіння льону та обраної системи критеріїв. Подальше обґрунтування оптимального рецептурного складу доцільно

здійснювати з урахуванням органолептичних, структурно-механічних, технологічних та інших показників якості готового продукту.

Отже, наукове значення отриманих результатів полягає не лише у підтвердженні перспективності використання насіння льону для цілеспрямованого коригування характеристик твердого сиру, а й у застосуванні комплексного підходу до оцінювання наслідків такої рецептурної модифікації. Метод факторних площ забезпечує можливість інтегрування різнотипних експериментальних показників у єдиний факторний простір та кількісного порівняння дослідних рецептур за сукупністю критеріїв, що розширює методичні можливості оцінювання якості багатокомпонентних харчових продуктів.

ВИСНОВКИ. Для комплексного оцінювання якісного стану твердого сичужного сиру з насінням льону застосовано метод факторних площ, який забезпечив поєднання диференціального та інтегрального оцінювання досліджуваних показників. Математичне моделювання здійснювали за п'ятьма характеристиками, що відображали динаміку розвитку молочнокислих мікроорганізмів упродовж 60 діб дозрівання та жирнокислотний склад готового продукту.

Переведення експериментальних показників у безрозмірну форму та побудова відповідних факторних просторів дали змогу кількісно зіставити якісний стан дослідних і контрольного зразків. Для інтегрального оцінювання використовували факторну площу, коефіцієнт відповідності контрольному зразку та коефіцієнт потенційного зростання якості.

За сукупністю досліджуваних показників найвищу інтегральну оцінку отримано для зразка № 3 із вмістом насіння льону 5,0 %. Його факторна площа становила 3,15 ум. од.² і перевищувала відповідні значення зразків № 1 та № 2 на 17,5 та 1,6 % відповідно. За коефіцієнтом потенційного зростання якості зразок № 3 перевищував зразок № 1 у 2,56 раза, а зразок № 2 – на 6,9 %.

Отже, застосування методу факторних площ дало змогу отримати узагальнену кількісну характеристику якісного стану твердого сичужного сиру та встановити перевагу рецептури з 5,0 % насіння льону серед досліджених варіантів. Запропонований підхід може бути використаний для комплексного порівняльного оцінювання якості харчових продуктів із модифікованим рецептурним складом.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Arango, S., Guzzo, N., Currò, S., Bianco, E., Simonetti, E., Rainis, S., Renoldi, N., Innocente, N., & Bailoni, L. (2026). Effect of replacing corn silage with alternative silages on quality, fatty acids, and volatile compounds of Italian semi-hard raw milk cheese. *Frontiers in Veterinary Science*, 13, 1769978. <https://doi.org/10.3389/fvets.2026.1769978>
- Bittante, G., Amalfitano, N., Tagliapietra, F., Schiavon, S., Cipolat-Gotet, C., & Stocco, G. (2024). Characterization of the detailed fatty acid profiles of a large number of types of cheese from the mountains and plains. *Foods*, 13(24), 4040. <https://doi.org/10.3390/foods13244040>
- Calder, P. C., Cawood, A. L., James, C., Page, F., Putnam, S., & Minihane, A. M. (2026). An overview of national and international long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid intake recommendations for healthy populations. *Nutrition Research Reviews*, 39, e6, 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0954422425100279>
- Chen, C., & Pan, Z. (2023). An overview of progress, challenges, needs, and trends in mathematical modeling approaches in food drying. *Drying Technology*, 41(16), 2586–2605.
- Dalevska, D., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Kopchak, N., Salata, V., Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in the organoleptic, microbiological, and biochemical properties of iodine-added kefir

- during storage. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 732–740. <https://doi.org/10.5219/1679>
- Egalini, F., Riccio, E., Grasso, M., Nelva, A., & De Geronimo, V. (2026). Omega-3 polyunsaturated fatty acid formulations in cardiovascular prevention: Balancing clinical efficacy, safety, and environmental sustainability. *Nutrients*, 18(15), 2538. <https://doi.org/10.3390/nu18152538>
- El-Metwally, R. I., El-Menawy, R. K., & Ismail, M. M. (2023). Correlation between free fatty acids content and textural properties of Gouda cheese supplemented with denatured whey protein paste. *Journal of Food Science and Technology*, 60, 590–599. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05643-6>
- Erdogdu, F. (2023). Mathematical modeling of food thermal processing: Current and future challenges. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101042. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101042>
- Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., & Qoronfle, M. W. (2021). Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>
- Hoffer, L. J. (2016). Human protein and amino acid requirements. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 40(4), 460–474. <https://doi.org/10.1177/0148607115624084>
- Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in organoleptic, microbiological, and biochemical properties of kefir with iodine addition during storage. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 732–740. <https://doi.org/10.5219/1679>
- Hueso, D., Paterson, S., Martínez-Sánchez, V., Hernández-Ledesma, B., Pérez-Gálvez, A., Fontecha, J., & Gómez-Cortés, P. (2025). *In vitro* gastrointestinal digestion of fresh cheese: Effect of ω -3 fatty acids and milk fat globule membrane enrichment on nutrient digestibility and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 73(44), 28240–28249. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c10823>
- Karpyk, H., Kukhtyn, M., Selskyi, V., Nazarko, I., Pokotylo, O., & Haidamaka, M. (2021). Research on the technological properties of bread made with the addition of beet kvass. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(96), 3–7. <https://doi.org/10.32718/nvlvetf9601>
- Klir Šalavardić, Ž., Novoselec, J., Čavar, S., & Antunović, Z. (2024). Effect of dietary cold-pressed hempseed cake on the fatty acid profile of semi-hard cheese made from goat milk. *Mljekarstvo*, 74(2), 142–155. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2024.0205>
- Kowalska, H., Czajkowska, K., Cichowska, J., & Lenart, A. (2023). Functional and nutritional properties of meat products enriched with plant ingredients: A review. *Foods*, 12(7), 1365. <https://doi.org/10.3390/foods12071365>
- Kukhtyn, M., Kopchak, N., Salata, V., Horiuk, Y., & Uglyar, T. (2021). Changes in organoleptic, microbiological, and biochemical properties of kefir with iodine addition during storage. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 732–740. <https://doi.org/10.5219/1679>
- Kukhtyn, M., Kravchenyuk, K., Selskyi, V., Pokotylo, O., Vichko, O., Kopchak, N., & Hmelar, A. (2022). Evaluation of spontaneous fermentation with basil content in the technology of rye-wheat bread production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 24(97), 14–19. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9703>
- 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. <https://doi.org/10.36547/nbc.v19i2.776>
- Mititelu, M., Lupuliasa, D., Neacșu, S. M., Olteanu, G., Busnatu, Ș. S., Mihai, A., Popovici, V., Măru, N., Boroghina, S. C., Mihai, S., Ioniță-Mîndrican, C.-B., & Scafa-Udriște, A. (2025). Polyunsaturated fatty acids and human health: A key to modern nutritional balance in association with polyphenolic compounds from food sources. *Foods*, 14(1), 46. <https://doi.org/10.3390/foods14010046>

- Moughan, P. J., & Lim, W. X. J. (2024). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS): 10 years on. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1389719. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1389719>
- Mushtruk, M., Vasylyv, V., Hidzhelitskyi, V., Mukoid, R., Savchuk, S., Popova, I., Khalin, S., & Mykhniuk, S. (2026). Evaluation of the quality indicators of food-grade glycerin derived from different oil/fat raw materials. *SciFood*, 20, 333–350. <https://doi.org/10.5219/scifood.120>
- Omachi, D. O., Aryee, A. N. A., & Onuh, J. O. (2024). Functional lipids and cardiovascular disease reduction: A concise review. *Nutrients*, 16(15), 2453. <https://doi.org/10.3390/nu16152453>
- Palamarchuk, I., Adamchuk, L., Palamarchuk, V., Andrushchenko, M., Priss, O., Glowacki, S., Hutsol, T., & Bezalychna, O. (2024). Assessment of the ecological safety of honey with the help of “Factor Area” models. *Sustainability*, 16(22), 9960. <https://doi.org/10.3390/su16229960>
- Palamarchuk, I., Hudzenko, M., & Domin, O. (2026). Sunflower oil quality control parameters using mathematical modeling. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 705–718. https://doi.org/10.1007/978-3-032-14926-8_57
- Palamarchuk, I., Mushtruk, M., Piddubny, V., Osokina, N., Chahaida, A., Mihailik, V., Herasymchuk, O., & Tkachenko, H. (2025). Modeling of the qualitative state of oilseeds from soybean seeds by multifactorial analysis of factor areas. *SciFood*, 19, 61–78. <https://doi.org/10.5219/scifood.5>
- Paszczyk, B. (2022). Cheese and butter are sources of health-promoting fatty acids in the human diet. *Animals*, 12(23), 3424. <https://doi.org/10.3390/ani12233424>
- Poli, A., Agostoni, C., & Visioli, F. (2023). Dietary fatty acids and inflammation: Focus on the n-6 series. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4567. <https://doi.org/10.3390/ijms24054567>
- Sağdıç, B., & Emirmustafaoğlu, A. (2025). Use of plant seeds in cheese production. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 13(9), 2603–2614. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i9.2603-2614.7695>
- Semeniuc, C. A., Mandrioli, M., Socaci, B. S., Socaciu, M.-I., Fogarasi, M., Podar, A. S., Michiu, D., Jimborean, A. M., Mureşan, V., Ionescu, S. R., & Gallina Toschi, T. (2022). Changes in lipid composition and oxidative status during ripening of Gouda-type cheese as influenced by the addition of lavender flower powder. *International Dairy Journal*, 133, 105427. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105427>
- Sheikh, F., Hasani, M., Kiani, H., JavadAsadollahzadeh, M., & Seyfi, J. (2022). Investigation of textural, rheological, and sensory properties of white cheese analog containing sesame seed oleosomes. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1), 63–74. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01582-0>
- Ustymenko, I., Bal-Prylypko, L., Nikolaenko, M., Ivaniuta, A., Tverezovska, N., Chumachenko, I., Pylypchuk, O., Rozbytska, T., Gruntovskyi, M., & Melnik, V. (2023). Development of sour cream with vegetable oils using a food emulsion stabilized by an emulsifying complex. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 159–169. <https://doi.org/10.5219/1849>
- Ustymenko, I., Savchenko, O., Tolok, G., Kryzhova, Y., Rudyk, Y., Rybchynskyi, R., Tyshchenko, L., Ochkolyas, O., Kostyuk, T., & Marchyshyna, Y. (2023). Study of indicators of quality and safety of sour cream with vegetable oils. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 444–454. <https://doi.org/10.5219/1876>