

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

САДВАРІ ВЯЧЕСЛАВ ЮРІЙОВИЧ

УДК 636.39:637.1: 637.3:613.288

ДИСЕРТАЦІЯ

Безпечність та якість твердих крафтових сирів з козиного молока

212 – «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ В. Ю. Садварі

Науковий керівник:

Шевченко Лариса Василівна,
доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Садварі В. Ю. Безпечність та якість твердих крафтових сирів з козиного молока – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2026.

Тверді сири як джерело поживних та біологічно активних речовин займають важливе місце в раціоні харчування людини. Одними з найбільш цінних і привабливих для споживачів є крафтові сири з непастеризованого козиного молока, які виробляються в дрібних фермерських господарствах. Надзвичайно велика різноманітність мікробіому сирого козиного молока створює неповторні смакові і ароматичні характеристики сирів, які користуються великим попитом серед споживачів і є синонімом смакової насолоди.

Автентичний динамічний мікробіом козиних сирів залежить від породи кіз, раціону їх годівлі, використання пасовищ і якості травостою, сезону року та технології виготовлення. Незважаючи на незначну частку, яка припадає на козині сири і становить 2% від виробництва всіх сирів у світовому масштабі, їх асортимент постійно зростає, а найменування деяких сортів носить захищений характер. Вони доступні в обмежених кількостях і лише в певному регіоні, що визначається географічними і кліматичними особливостями.

Сири, виготовлені з козиного молока, стають все більш популярними серед споживачів, оскільки вони виготовлені за унікальними рецептами, сприймаються як смачні, оригінальні та здорові. Разом з тим виробництво твердих крафтових сирів з козиного молока на невеликих фермах потребує детального і глибокого аналізу їх хімічного складу, органолептичних і мікробіологічних характеристик, що дасть можливість визначити

автентичність, натуральність та переваги над сирами, виготовленими за традиційними технологіями.

Тому метою досліджень було визначити окремі показники якості козиного молока залежно від сезону виробництва, а також дослідити якість та безпечність твердих крафтових сирів Качотта і Канестрато з непастеризованого козиного молока в процесі дозрівання. Обидва сири досліджували за показниками хімічного складу, органолептичними та фізичними властивостями, вмістом жирних кислот та якості ліпідів, а також мікробіологічних характеристик у процесі тривалого дозрівання.

Молоко для виробництва твердих сирів Качотта і Канестрато було отримано від кіз англо-нубійської породи, які утримувались з використанням природного пасовища протягом всього вегетаційного періоду травостою. Сир Качотта та Канестрато виготовлено згідно рецептури і закладено головки масою 2,3–2,5 кг на дозрівання терміном 24 і 12 місяців відповідно.

Встановлено, що у період дозрівання до 24-х місяців сир Качотта втрачав вологу з 44,4% до 25,1%, що сприяло збільшенню вмісту жиру з 27,0% до 36,5%, протеїну – з 23,8% до 33,2% і золи – з 3,4% до 4,3% та зниженню його твердості з 60,8% до 39,5%.

Кореляційний та регресійний аналіз показав сильну обернену залежність вмісту води у сирі Качотта від терміну його дозрівання ($r = -0,977 \pm 0,097$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує наявність між вмістом води і терміном дозрівання сиру Качотта лінійного оберненого зв'язку. Встановлено також сильну пряму залежність ($r = 0,991 \pm 0,103$, $P < 0,01$) між вмістом протеїну і терміном дозрівання сиру Качотта і сильну обернену залежність між вмістом протеїну і вмістом води в цьому сирі ($r = -0,978 \pm 0,092$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує прямий лінійний зв'язок між вмістом протеїну і терміном його дозрівання і обернений лінійний зв'язок між вмістом протеїну і вмістом води в сирі Качотта.

Співвідношення жиру до протеїну в сухій речовині не залежало від віку сиру Качотта і знаходилось в межах 1,10–1,24 од., досягаючи максимуму на

12-й місяць дозрівання. Структура сиру Качотта зі збільшенням віку змінювалась від пластичної (10 діб і 1 місяць) до злегка крихкої (12 місяців) і крихкої (24 місяці). Розмір, кількість і розташування вічок на зрізі тіста сиру Качотта залежали від терміну дозрівання. Зі збільшенням терміну дозрівання сиру Качотта кірка тверділа і набувала забарвлення від молочного до бурштинового.

Вміст вологи в сирі Канестрато з 10-добового до 12-тимісячного терміну дозрівання знижувався з 38,0% до 33,5%, вміст жиру збільшувався на 12-й місяць дозрівання на 3,8%, а вміст протеїну і золи не залежав від його віку.

Виявлено сильну обернену залежність вмісту вологи від терміну дозрівання сиру Канестрато ($r = -0,913 \pm 0,101$, $P < 0,01$). Лінія регресії показала наявність лінійного оберненого зв'язку між вмістом вологи і терміном дозрівання сиру Канестрато.

Твердість сиру Канестрато протягом періоду дозрівання коливалась в межах 50,8–51,3%, а тісто характеризувалось пластичною однорідною структурою з різним розміром і розміщенням вічок на зрізі залежно від терміну дозрівання. Кірка сиру Канестрато зі збільшенням терміну дозрівання забарвлювалась від молочного до бурштинового кольору.

Визначення жирнокислотного складу твердих сирів Качотта і Канестрато з непастеризованого козиного молока протягом терміну дозрівання 24 і 12 місяців відповідно проводили з використанням газової хроматографії. Основні насичені жирні кислоти сирів Качотта і Канестрато представлені пальмітиною, стеариною, каприною і міристиною і складали понад 55% всієї суми жирних кислот. Серед ненасичених жирних кислот сирів Качотта і Канестрато сума олеїнової і лінолевої досягала понад 25% всіх жирних кислот.

Основними середньоланцюговими жирними кислотами сиру Качотта є пальмітинова, міристинова і капринова, які в сумі досягають понад 40% жирних кислот сиру. Виявлено збільшення вмісту гендеканової і лауринової кислот на тлі зниження часток міристолеїнової, пентадеценової і

пальмітинової кислот в кінці терміну дозрівання сиру Качотта. Протягом всього терміну дозрівання сиру Качотта суттєвих змін не зазнавала концентрація тридеканової і пентадеканової кислот.

Основні довголанцюгові кислоти сиру Качотта представлені олеїноюю і стеариноюю, які в сумі складають понад 35% вмісту всіх жирних кислот. Найвищий вміст довголанцюгових жирних кислот у сирі Качотта зареєстровано на 1-й місяць дозрівання за рахунок цис-10-гептадеценноюю, стеариноюю, олеїноюю і цис-10-ейкозаноноюю кислот. Мінімальний вміст довголанцюгових жирних кислот у жирі сиру Качотта виявлено на 12-й місяць дозрівання. Це викликано зниженням часток стеариноюю та зникнення цис-11-ейкозаноноюю та ейкозатрієноюю кислот в структурі жиру цього сиру.

В обох сирах основу $\omega 3$ ПНЖК становила ліноленова, а $\omega 6$ ПНЖК – лінолева. Їх співвідношення в сирах протягом терміну дозрівання коливалось в межах 2,8:1–4,6:1. Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між Σ ПНЖК і терміном дозрівання сиру Качотта ($r = 0,951 \pm 0,096$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує зв'язок між Σ ПНЖК і терміном дозрівання сиру Качотта, який описується у вигляді поліному другого ступеня.

Накопичення поліненасичених жирних кислот в сирі Качотта залежало від терміну його дозрівання ($r = 0,951$, $P < 0,01$). Десатуразний індекс зі збільшенням віку сиру Качотта у жирі знижується: найбільше значення його зареєстровано у період з 10-добового до 1-місячного віку, а найнижче у віці 24 місяці. Кореляційний аналіз свідчить про сильний обернений зв'язок між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Качотта ($r = -0,957 \pm 0,101$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує, що між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Качотта існує обернена залежність, яка характеризується поліномом другого ступеня.

Δ^9 десатуразний індекс (C_{14}) сиру Канестрато протягом всього періоду дозрівання зростає. Найнижче його значення встановлено в період з 10-тої доби до 3-го місяця, а на 6-й місяць і 12-й місяць дозрівання він досягає максимального значення. Виявлено сильну пряму залежність між Δ^9

десатуразним індексом (C_{14}) і віком сиру Канестрато ($r = 0,842 \pm 0,096$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує зв'язок між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Канестрато, який виражається поліномом другого ступеня.

В основі мікробіологічних процесів, які відбуваються під час дозрівання сирів з непастеризованого козиного молока, лежить значна різноманітність мікробіологічних процесів, які відбуваються в процесі їх дозрівання з участю природних штамів бактерій, грибів, дріжджів і членистоногих, зокрема кліщів.

Чисельність МАФAM у сирі Качотта характеризувалась стабільністю на 10-ту добу, перший і 12-й місяць, а на 24-й місяць дозрівання знижувалась на 1,18–1,27 lg КУО/г.

Кореляційний та регресійний аналіз свідчить про сильну обернену залежність між чисельністю МАФAM від терміну дозрівання сиру Качотта ($r = -0,936 \pm 0,112$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує, що між кількістю МАФAM і терміном дозрівання сиру Качотта існує лінійний обернений зв'язок. Між чисельністю молочнокислих бактерій і терміном дозрівання сиру Качотта існує аналогічна сильна обернена залежність ($r = -0,948 \pm 0,107$, $P < 0,01$), яка описується поліномом другого ступеня.

Кількість плісневих грибів і дріжджів у сирі Качотта досягала свого максимуму на перший, а на 12-й і 24-й місяць дозрівання їх не виявлено. Молочнокислі бактерії сиру Качотта складали основу МАФAM і на 10-ту добу та перший місяць дозрівання були представлені *Lactobacillus plantarum*, на 12-й місяць – *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc pseudomesenteroides*, на 24-й місяць – *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc mesenteroides*. Виявлено сильний прямий кореляційний зв'язок між чисельністю МАФAM і кількістю молочнокислих бактерій у сирі Качотта протягом всього терміну дозрівання ($r = 0,903 \pm 0,117$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує прямий лінійний зв'язок між цими показниками. У сирі Качотта терміном дозрівання 24 місяці виявлено *Escherichia coli*, *Enterobacter ludwigii*, *Enterococcus durans*, *E. faecalis* та *E. hirae*.

Динаміка мікробіологічних показників козиного сиру Канестрато відзначалася суттєвими відмінностями від сиру Качотта. Мікробний склад крафтового сиру Канестрато характеризувався відносною стабільністю чисельності МАФМ протягом всього періоду дозрівання. Молочнокислі бактерії сиру Канестрато складали основу МАФМ і з 10-добового до 3-місячного віку були представлені *Leuconostoc mesenteroides*, у 6-місячному – *Leuconostoc pseudomesenteroides*, а в 12-місячному – *Lactobacillus plantarum*.

Кореляційний і регресійний аналіз мікробіологічних показників сиру Канестрато показав, що чисельність МАФМ значимої залежності від терміну його дозрівання і чисельності молочнокислих бактерій не мала.

Сир Канестрато характеризувався наявністю значної кількості плісневих грибів і дріжджів у всі періоди дозрівання за винятком 6-місячного віку. З цього сиру віком 12 місяці виділено *Enterobacter cloacae*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus durans*, *E. hirae* і *E. faecalis*. В кірці обох сирів, починаючи з 6-місячного терміну дозрівання, виявлено мікоїдного кліща *Acarus siro* (Linnaeus, 1758) ряд Acariformes (Zachvatkin, 1952) підряд Sarcoptiformes (Reuter, 1909) родина Acaridae (Latreille, 1802) рід *Acarus* (Linnaeus, 1758) на різній стадії розвитку, який приймає участь у її формуванні. З 12-ти до 24-х місяців виявлено пошкодження різного ступеня кірки обох сирів кліщем *Acarus siro*.

Результати досліджень розкривають нові дані щодо динаміки хімічних компонентів, органолептичних і фізичних характеристик, а також мікробіому крафтових твердих сирів з непастеризованого козиного молока і можуть бути використані для розробки способів контролю чисельності популяції кліщів *A. siro* під час їх дозрівання.

Ключові слова: молоко козине, якість, тверді сири, мікробіологічні показники, хімічний склад, жирні кислоти.

ANNOTATION

Sadvari V. Y. Safety and Quality of Hard Artisan Cheeses Made from Goat's Milk – Qualification Scientific Work as a Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 212 "Veterinary Hygiene, Sanitation, and Expertise." National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2026.

As a source of nutrients and biologically active substances, hard cheeses are important in the human diet. Among the most valuable and appealing to consumers are artisan cheeses made from unpasteurized goat's milk, which small farms produce. The vast diversity of the microbiome in raw goat's milk creates unique flavor and aromatic characteristics in the cheeses, which are in high demand among consumers and are synonymous with culinary delight.

The authentic dynamic microbiome of goat cheeses depends on the breed of goats, their diet, the use of pastures and the quality of the grass, the season, and the production technology. Despite the small share of goat cheeses, accounting for only 2% of global cheese production, their range is continuously expanding, and certain varieties have protected status. They are available in limited quantities and only in specific regions, determined by geographical and climatic factors.

Cheeses made from goat's milk are becoming increasingly popular among consumers, as they are made according to unique recipes and are perceived as tasty, original, and healthy. At the same time, producing hard artisan cheeses from goat's milk on small farms requires a detailed and thorough analysis of their chemical composition, organoleptic, and microbiological characteristics. This would allow for determining their authenticity, naturalness, and advantages over cheeses made using traditional technologies.

Therefore, the aim of the study was to determine certain quality indicators of goat's milk depending on the production season, as well as to investigate the quality and safety of hard artisan cheeses, Caciotta, and Canestrato, made from

unpasteurized goat's milk during the maturation process. Both cheeses were analyzed for chemical composition, organoleptic and physical properties, fatty acid content, and lipid quality, as well as microbiological characteristics during long-term maturation.

The milk for producing the hard Caciotta and Canestrato cheeses was obtained from Anglo-Nubian goats, which were grazed on natural pasture throughout the entire vegetation period. Caciotta and Canestrato cheeses were made according to recipes, with cheese wheels weighing 2.3–2.5 kg set for maturation periods of 24 and 12 months, respectively.

It was found that during the 24-month maturation period, Caciotta cheese lost moisture from 44.4% to 25.1%, which contributed to an increase in fat content from 27.0% to 36.5%, protein from 23.8% to 33.2%, and ash from 3.4% to 4.3%, while its hardness decreased from 60.8% to 39.5%.

Correlation and regression analysis showed a strong inverse relationship between moisture content in Caciotta cheese and the maturation period ($r = -0.977 \pm 0.097$, $P < 0.01$). The regression line confirms a linear inverse relationship between moisture content and maturation period in Caciotta cheese. A strong direct relationship ($r = 0.991 \pm 0.103$, $P < 0.01$) was also found between protein content and maturation period in Caciotta cheese, as well as a strong inverse relationship between protein and moisture content in the cheese ($r = -0.978 \pm 0.092$, $P < 0.01$). The regression line confirms a direct linear relationship between protein content and maturation period and an inverse linear relationship between protein and moisture content in Caciotta cheese.

The fat-to-protein ratio in the dry matter did not depend on the age of the Caciotta cheese and ranged from 1.10 to 1.24 units, reaching its maximum at the 12th month of maturation. The structure of Caciotta cheese changed with age from pliable (10 days and 1 month) to slightly crumbly (12 months) and crumbly (24 months). The size, number, and distribution of eyes in the Caciotta cheese depended on the maturation period. As the maturation period increased, the rind of the Caciotta cheese became firmer and changed in color from milky to amber.

The moisture content in Canestrato cheese decreased from 38.0% to 33.5% during the maturation period from 10 days to 12 months, while the fat content increased by 3.8% by the 12th month of maturation, but the protein and ash content did not depend on its age.

A strong inverse relationship was found between the moisture content and the maturation period of Canestrato cheese ($r = -0.913 \pm 0.101$, $P < 0.01$). The regression line indicated a linear inverse relationship between moisture content and maturation period in Canestrato cheese.

The hardness of Canestrato cheese fluctuated within the range of 50.8–51.3% during the maturation period, and the texture was characterized by a pliable, homogeneous structure with varying sizes and distribution of eyes depending on the maturation period. As the maturation period increased, the rind of Canestrato cheese changed color from milky to amber.

The fatty acid composition of Caciotta and Canestrato hard cheeses made from unpasteurized goat's milk during their respective maturation periods of 24 and 12 months was analyzed using gas chromatography. The main saturated fatty acids in Caciotta and Canestrato cheeses were palmitic, stearic, capric, and myristic acids, which together accounted for more than 55% of the total fatty acids. Among the unsaturated fatty acids in Caciotta and Canestrato cheeses, oleic and linoleic acids made up more than 25% of all fatty acids.

The main medium-chain fatty acids in Caciotta cheese were palmitic, myristic, and capric acids, which together accounted for more than 40% of the cheese's fatty acids. There was an increase in undecanoic and lauric acids, along with a decrease in myristoleic, pentadecenoic, and palmitic acids by the end of Caciotta's maturation. Throughout the maturation of Caciotta cheese, the concentrations of tridecanoic and pentadecanoic acids remained largely unchanged.

The primary long-chain fatty acids in Caciotta cheese were oleic and stearic acids, which together made up more than 35% of all fatty acids. The highest content of long-chain fatty acids in Caciotta was recorded during the 1st month of

maturation, due to cis-10-heptadecenoic, stearic, oleic, and cis-10-eicosanoic acids. The lowest content of long-chain fatty acids was observed at the 12th month of maturation, caused by a decrease in stearic acid and the disappearance of cis-11-eicosanoic and eicosatrienoic acids in the cheese's fat composition.

In both cheeses, the main ω 3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) was linolenic acid, and the main ω 6 PUFA was linoleic acid. Their ratio during maturation ranged from 2.8:1 to 4.6:1. A strong direct correlation was found between the total PUFAs and the maturation period of Caciotta cheese ($r = 0.951 \pm 0.096$, $P < 0.01$). The regression line shows that the relationship between total PUFAs and the maturation period of Caciotta is described by a second-degree polynomial.

The accumulation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in Caciotta cheese was found to depend on its maturation period ($r = 0.951$, $P < 0.01$). The desaturase index decreased as the cheese aged, with the highest value recorded between the 10th day and 1st month, and the lowest value at 24 months. Correlation analysis indicated a strong inverse relationship between the Δ 9 desaturase index (C14) and the maturation period of Caciotta cheese ($r = -0.957 \pm 0.101$, $P < 0.01$). The regression line confirmed an inverse relationship between the Δ 9 desaturase index (C14) and the maturation period of Caciotta cheese, characterized by a second-degree polynomial.

In Canestrato cheese, the Δ 9 desaturase index (C14) increased throughout the maturation period, with the lowest value observed between the 10th day and the 3rd month, and the highest values recorded at the 6th and 12th months of maturation. A strong direct correlation was found between the Δ 9 desaturase index (C14) and the age of Canestrato cheese ($r = 0.842 \pm 0.096$, $P < 0.01$). The regression line indicated a second-degree polynomial relationship between the Δ 9 desaturase index (C14) and the maturation period of Canestrato cheese.

The microbiological processes occurring during the maturation of cheeses made from unpasteurized goat's milk involve a significant diversity of natural bacterial strains, fungi, yeasts, and arthropods, including mites.

The total aerobic mesophilic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM) in Caciotta cheese remained stable on the 10th day, 1st month, and 12th month, but decreased by 1.18–1.27 lg CFU/g by the 24th month of maturation.

Correlation and regression analysis revealed a strong inverse relationship between the number of MAFAM and the maturation period of Caciotta cheese ($r = -0.936 \pm 0.112$, $P < 0.01$). The regression line confirmed a linear inverse relationship between MAFAM count and the maturation period of Caciotta cheese. A similar strong inverse relationship was found between the number of lactic acid bacteria and the maturation period of Caciotta cheese ($r = -0.948 \pm 0.107$, $P < 0.01$), described by a second-degree polynomial.

The quantity of molds and yeasts in Caciotta cheese peaked during the first month, but by the 12th and 24th months, they were not detected. Lactic acid bacteria were the main components of MAFAM, with *Lactobacillus plantarum* present on the 10th day and during the first month of maturation, *Lactobacillus brevis* and *Leuconostoc pseudomesenteroides* at the 12th month, and *Lactobacillus brevis* and *Leuconostoc mesenteroides* at the 24th month. A strong direct correlation was found between the number of MAFAM and lactic acid bacteria throughout the entire maturation period of Caciotta cheese ($r = 0.903 \pm 0.117$, $P < 0.01$). The regression line demonstrated a direct linear relationship between these indicators.

In 24-month-old Caciotta cheese, *Escherichia coli*, *Enterobacter ludwigii*, *Enterococcus durans*, *E. faecalis*, and *E. hirae* were identified

The dynamics of the microbiological indicators of Canestrato goat cheese differed significantly from those of Caciotta. The microbial composition of Canestrato was characterized by relative stability in the number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (MAFAM) throughout the entire ripening period. The lactic acid bacteria in Canestrato formed the basis of MAFAM and, from the 10th day to the 3rd month, were represented by *Leuconostoc mesenteroides*. At the 6-month stage, *Leuconostoc pseudomesenteroides* dominated, and at the 12-month stage, *Lactobacillus plantarum* was prevalent.

Correlation and regression analysis of Canestrato's microbiological indicators showed that the number of MAFAM did not significantly depend on either the ripening time or the number of lactic acid bacteria.

Canestrato cheese had a significant presence of molds and yeasts throughout the ripening period, except at the 6-month stage. At 12 months, *Enterobacter cloacae*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus durans*, *E. hirae*, and *E. faecalis* were isolated from Canestrato. From the 6-month stage, *Acarus siro* (Linnaeus, 1758), a type of mite, was found on the rinds of both cheeses, at various stages of development, playing a role in rind formation. From the 12th to the 24th month, mite damage to the rinds of both cheeses was observed.

The results provide new data on the dynamics of chemical components, organoleptic and physical characteristics, as well as the microbiome of hard artisanal cheeses made from unpasteurized goat's milk. These findings could be used to develop methods for controlling the population of *A. siro* mites during the ripening process.

Keywords: goat's milk, quality, hard cheeses, microbiological indicators, chemical composition, fatty acids.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

Scopus та Web of Science Core Collection

1. **Sadvvari, V. Y.**, Shevchenko, L. V., Slobodyanyuk, N. M., Tupitska, O. M., Gruntkovskiy, M. S., & Furman, S. V. (2024). Microbiome of craft hard cheeses from raw goat milk during ripening. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(3), 483–489. <https://doi.org/10.15421/022468> (*Sadvvari V. Y., організовано та проведено дослідження мікробіому крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів досліджу. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Slobodyanyuk N. M. узгодила вимоги редколегії журналу. Tupitska O. M. здійснила підбір літератури та нормативних документів за темою досліджень. Gruntkovskiy M. S. виконав статистичну обробку отриманих результатів. Furman S. V. підготувала і оформила англійськомовну редакцію статті*).
2. **Sadvvari, V. Y.**, Shevchenko, L. V., Slobodyanyuk, N. M., Furman, S. V., Lisohurska, D. V., & Lisohurska, O. V. (2024). Chemical composition of craft hard cheeses from raw goat milk during the ripening process. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(4), 666–673. <https://doi.org/10.15421/022496> (*Sadvvari V. Y., організовано та проведено визначення хімічного складу крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів досліджу. Shevchenko L. V. організовано проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Slobodyanyuk N. M. узгодила вимоги редколегії журналу. Furman S. V. здійснила аналіз нормативних документів за темою досліджень. Lisohurska D. V. виконала статистичну обробку результатів досліджень. Lisohurska O. V. виконала редагування англійськомовної редакції статті*).
3. **Sadvvari, V. Y.**, Shevchenko, L. V., Midyk, S. V., Korniyenko, V. I., Slobodyanyuk, N. M., Pylypchuk, O. S., Naumenko, T. V., & Stetsiuk, I. M. (2025). Fatty acid profile of artisanal hard cheeses made from raw goat milk during the ripening process. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1), e25002. <https://doi.org/10.15421/0225002> (*Sadvvari V. Y., організовано та*

проведено визначення жирнокислотного складу крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів дослідю. *Shevchenko L. V.* організовано проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. *Midyk S. V.* виконано хроматографічний аналіз жирних кислот в сирах. *Korniienko V. I.* організовано науковий і технічний супровід жирнокислотного аналізу сирів. *Slobodyanyuk N. M.* узгодила вимоги редколегії журналу. *Pylypchuk O. S.* здійснила аналіз нормативних документів за темою досліджень. *Naumenko T. V.* виконала статистичну обробку результатів досліджень. *Stetsiuk I. M.* виконала редагування англомовної редакції статті).

Тези наукових доповідей:

4. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В.** (2024). Мікробний склад крафтового твердого сиру Качотта з козиного молока в процесі дозрівання. «Єдине здоров'я – 2024»: матеріали Міжнародної наукової конференції, 19-20 вересня 2024 р., м. Київ, 96–97. <https://nubip.edu.ua/node/152384> (*Садварі В.Ю.* проведено дослідження мікробного складу сиру Качотта, підготовлено тези доповіді. *Шевченко Л.В.* сформовано програму і організовано проведення експериментів).
5. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В.** (2024). Мікробний склад крафтового твердого сиру Канестрато з козиного молока. Науковий прогрес у тваринництві та птахівництві: матеріали XVI Всеукр. наук.- практ. конф. молодих вчених, 20 вересня 2024 р., м. Харків, 37-38. <https://lfi-naas.org.ua/materialy-hvii-vseukrayinskoyi-naukovo-praktychnoyi-konferentsiyi-molodyh-vchenyh-20-veresnya-2024-r/> (*Садварі В.Ю.* проведено дослідження мікробного складу сиру Канестрато, підготовлено тези доповіді. *Шевченко Л.В.* сформовано програму і організовано проведення експериментів).
6. **Шевченко, Л., & Садварі, В.** (2024). Мікробний склад крафтового сиру Качотта з козиного непастеризованого молока в процесі дозрівання. Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). Львів, 17–18 жовтня 2024 р. : тези доп. III конф.

- Львів, 99. <https://lvet.edu.ua/index.php/nauka/konferentsii-universytetu.html> (Садварі В.Ю. проведено дослідження мікробіологічні показники сиру Качотта, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).
7. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В.** (2024). Хімічний склад крафтового козиного сиру Качотта з козиного молока. Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 10-11 жовтня 2024 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 204-206. (Садварі В.Ю. визначено хімічні показники сиру Качотта, оформлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	26
1.1. Вимоги до якості і безпечності молока для виробництва сирів.....	26
1.2. Хімічний склад твердих сирів під час дозрівання.....	31
1.3. Профіль жирних кислот та індекси якості ліпідів у сирах під час дозрівання.....	36
1.4. Мікробіологічні процеси під час дозрівання твердих сирів.....	42
1.5. Заключення з огляду літератури.....	52
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
2.1. Схема і умови проведення дослідів.....	56
2.2. Методи досліджень.....	58
2.2.1. Дослідження хімічного складу молока і твердих сирів.....	58
2.2.2. Визначення вмісту жирних кислот і якості ліпідів твердих сирів.....	61
2.2.3. Визначення мікробіому твердих сирів.....	63
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	65
3.1. Якість козиного молока залежно від сезону виробництва.....	65
3.2. Хімічний склад твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока.....	66
3.3. Склад жирних кислот та якість ліпідів твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока.....	77
3.4. Мікробіом твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока.....	90
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	100
ВИСНОВКИ.....	114
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	117

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118
ДОДАТКИ.....	145

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

- Б/Г – співвідношення бажаних до гіперхолестеролемічних жирних кислот
- БЖК – гіпохолестеролемічні (бажані) жирні кислоти;
- ГЖК – гіперхолестеролемічні жирні кислоти;
- ГОСТ – міждержавний стандарт
- ДЖК – довголанцюгові жирні кислоти;
- ДСТУ – національний стандарт України
- ЄС – Європейський Союз
- ІА – індекс атерогенності
- КЖК – коротколанцюгові жирні кислоти;
- КУО – колонієутворюючі одиниці
- МАФАМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми
- МНЖК – мононенасичені жирні кислоти;
- НЖК – насичені жирні кислоти;
- ННЖК – ненасичені жирні кислоти;
- ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти;
- СЖК – середньоланцюгові жирні кислоти;

ВСТУП

Актуальність теми. Козиний сир є одним з найбільш цінних молочних продуктів у всьому світі, він є джерелом поживних та біологічно активних речовин, які знаходяться у поєднанні і співвідношенні найбільш наближеному до потреби людського організму. В Україні виробництво і споживання козиних сирів з кожним роком збільшується в основному за рахунок дрібних фермерських господарств, які спеціалізуються на виробництві і переробці козиного молока.

Широкий асортимент козиних сирів на ринку харчових продуктів зумовлений насамперед екологічними особливостями кожного регіону, а отже, технологіями виробництва, які постійно удосконалюються. Виробництво твердих сирів з козиного молока на невеликих фермерських підприємствах забезпечує його унікальність, яка визначається породою кіз, раціоном їх годівлі, якістю і ботанічним складом травостою пасовищ і технологією виробництва сиру. Для виробництва таких крафтових сирів застосовують мінімальну обробку, або використання молока в сирому вигляді, що забезпечує їх автентичність і характеризується неповторністю відтінків смаку і аромату, порівняно з сирами, виготовленими за промисловими технологіями [8, 132]. Нові дані, отримані за останні десятиліття, свідчать, що в цьому процесі ключова роль належить автохтонній мікробіоті, яка визначає не лише органолептичні та хімічні характеристики сиру, але й його якість та безпечність [20, 123].

Розширення асортименту твердих крафтових сирів з козиного непастеризованого молока на ринку харчових продуктів і орієнтація споживачів на здорове харчування збільшує запит щодо вмісту і співвідношення в них поживних, біологічно активних речовин та мікробіологічних показників на різних етапах дозрівання. Такої інформації в науковій літературі нині значний дефіцит, оскільки традиційні сири з козиного молока з захищеними назвами більшою мірою досліджені в країнах Західної

Європи, а в Україні цей напрям знаходиться на стадії розвитку і потребує суттєвої інформаційної підтримки.

Для оцінки якості та безпечності крафтових твердих сирів з козиного непастеризованого молока та визначення критеріїв їх автентичності необхідний детальний аналіз динаміки мікробіологічних, фізико-хімічних і органолептичних показників з урахуванням терміну їх дозрівання.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані на базі кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А. К. Скороходька Національного університету біоресурсів і природокористування України як частина наукової теми: «Санітарно-гігієнічні заходи забезпечення здоров'я тварин у господарствах України різних форм власності», № держреєстрації 0116U001299 (2016–2024 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – визначити показники якості та безпечності крафтових твердих сирів Качотта та Канестрато з непастеризованого козиного молока в процесі дозрівання на основі їх фізико-хімічних, органолептичних та мікробіологічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- дослідити показники якості козиного молока залежно від сезону виробництва;
- визначити фізико-хімічні параметри твердих сирів Качотта та Канестрато з непастеризованого козиного молока в процесі дозрівання;
- з'ясувати жирнокислотний склад та якість ліпідів твердих козиних сирів Качотта та Канестрато в процесі дозрівання;
- дослідити мікробіологічні характеристики твердих козиних сирів Качотта та Канестрато в процесі дозрівання;
- ідентифікувати мікоідних кліщів, які приймають участь у дозріванні твердих козиних сирів Качотта та Канестрато;
- розробити пропозиції виробництву.

Об'єкт дослідження – молоко козине, тверді сири Качотта та Канестрато.

Предмет дослідження – вплив терміну дозрівання на фізико-хімічні показники, жирнокислотний склад і мікробіом сирів Качотта і Канестрато.

Методи досліджень – мікробіологічні (мікробіологічні показники сирів), ентомологічні (видова ідентифікація сирних кліщів), фізико-хімічні (склад і фізичні характеристики молока і сирів), хроматографічні (газова хроматографія жирних кислот у сирах), органолептичні (форма і вигляд головок, забарвлення, структура сиру, текстура сирного тіста) та статистичні (статистична обробка результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Отримані результати досліджень можуть використовуватись як критерій оцінки тривалості дозрівання і визначення автентичності та натуральності крафтових твердих сирів з непастеризованого козиного молока.

Під час дозрівання до 24-х місяців у сирі Качотта знижувався вміст вологи з 44,4% до 25,1%, а в сирі Канестрато до 12-го місяця знижувався з 38,0% до 33,5%. Збільшення вмісту сухої речовини у сирах Качотта та Канестрато сприяло пропорційному підвищенню вмісту жиру, протеїну та золи.

Структура тіста сиру Качотта зі збільшенням віку стає крихкою, сир Канестрато має пластичне однорідне тісто з різним розміром і розміщенням вічок на зрізі залежно від віку. Кірка обох сирів зі збільшенням віку твердіє і набуває забарвлення від молочного до бурштинового.

Співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот у сирах Качотта і Канестрато залежить від їх технології виготовлення і віку. Під час дозрівання сиру Качотта відбувається накопичення Σ ПНЖК на фоні зниження Δ^9 десатураційного індексу (C_{14}). Δ^9 десатураційний індекс (C_{14}) сиру Канестрато протягом всього періоду дозрівання зростає. Термін дозрівання сирів Качотта і Канестрато суттєво впливає на динаміку індексу атерогенності і співвідношення гіпохолестеринемічних/гіперхолестеринемічних жирних

кислот. В сирах Качотта і Канестрато основною $\omega 3$ ПНЖК є ліноленова, $\omega 6$ PUFA – лінолева, а їх співвідношення знаходиться в діапазоні 2,8:1–4,6:1.

Чисельність МАФАМ у сирі Качотта і Канестрато в основному формується за рахунок видового різноманіття молочнокислих бактерій і залежить від терміну їх дозрівання. Домінуючими в сирах Качотта і Канестрато під час дозрівання є роди *Lactobacillus* і *Leuconostoc*. У сирі Качотта віком 24 місяці до складу мікробіому входять представники родів *Escherichia*, *Enterobacter* та *Enterococcus*. У сирі Канестрато на 12-й місяць дозрівання в складі мікробіому виявлено представників родів *Enterobacter*, *Bacillus* та *Enterococcus*.

Плісневі гриби і дріжджі виявлено лише в молодому сирі Качотта, а для сиру Канестрато характерною особливістю мікробіому є значна кількість плісневих грибів і дріжджів протягом всього періоду дозрівання за винятком 6-місячного терміну.

У сирах Качотта і Канестрато старше 6-тимісячного віку на кірці виявлено кліща *Acarus siro* (Linnaeus, 1758) ряд Acariformes (Zachvatkin, 1952) підряд Sarcotiformes (Reuter, 1909) родина Acaridae (Latreille, 1802) рід *Acarus* (Linnaeus, 1758), його яєць і екскрементів, які складають частину біому і приймає участь у її формуванні і дозріванні.

Практичне значення отриманих результатів. Встановлено особливості хімічного складу крафтових твердих сирів Качотта і Канестрато з козиного непастеризованого молока під час дозрівання. Визначено вміст жирних кислот та якість ліпідів у сирах Качотта і Канестрато у процесі дозрівання.

Виявлено та ідентифіковано основні види мікроорганізмів, які забезпечують дозрівання крафтових твердих сирів з непастеризованого козиного молока і впливають на їх структуру та органолептичні властивості протягом періоду дозрівання.

Встановлено, що до складу біому твердих сирів входить представник типу членистоногих – мікоїдний кліщ *Acarus siro* (Linnaeus, 1758), який приймає участь у формуванні і дозріванні кірки сирів Качотта і Канестрато.

Отримані результати можуть бути обґрунтуванням для визначення натуральності та автентичності твердих крафтових сирів з козиного молока, а також ключовими критеріями вибору молочних продуктів для здорового харчування людини. Дані, отримані в експериментах можуть бути також використані для розробки заходів, направлених на контроль чисельності популяції кліща *Acarus siro* під час дозрівання твердих сирів з козиного молока.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем особисто організовано та проведено експериментальні дослідження щодо аналізу твердих сирів з козиного молока, проведено пошук та аналіз літературних джерел, а також нормативних документів. Програма досліджень твердих крафтових сирів з козиного молока складена разом з науковим керівником. Автор дисертації здійснив статистичну обробку, регресійний та кореляційний аналіз отриманих результатів, підготував наукові статті та матеріали конференцій до друку. Аналіз і обговорення результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій виробництву зроблені спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідались на: Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я – 2024», м. Київ, 19-20 вересня 2024 р.; XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Науковий прогрес у тваринництві та птахівництві», м. Харків, 20 вересня 2024 р.; III Науковій конференції “Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині” Львів, 17–18 жовтня 2024 року; Міжнародній науково-практичній конференції «Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення», Одеса: ІКОСГ НААН, 10-11 жовтня 2024 року; Круглому столі присвяченого пам'яті видатного вченого, декана ветеринарного факультету Української сільськогосподарської академії (1980-1984 р.р.), доктора ветеринарних наук, професора Роговського П.Я., Київ, 27 листопада 2024 р.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 7 наукових праць з яких 3 статті у фахових виданнях України включених до міжнародних наукометричних баз даних та 4 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 148 сторінках, робота ілюстрована 18 таблицями і 17 рисунками. Список використаної літератури нараховує 169 джерел, з них 158 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Вимоги до якості та безпечності козиного молока для виробництва сирів

Козине молоко – унікальний за своїм хімічним складом і біологічними властивостями продукт, багатий на білок, ліпіди, кальцій, фосфор, мікроелементи, ніацин і тіамін [139]. Враховуючи дрібніший розмір жирових кульок і казеїну, козине молоко легше перетравлюється й засвоюється організмом людини порівняно з коров'ячим молоком [138]. Його споживають в сирому вигляді, або використовують для виробництва сиру.

Виробництво високоякісного сирого молока має першочергове значення для успішного виробництва, переробки та реалізації його продуктів переробки. Молоко та продукти його переробки повинні бути безпечними для споживання, не містити антибіотиків, інсектицидів та гербіцидів [62]. Вони повинні мати приємний смак, не містити патогенних бактерій, мікроорганізмів, які викликають швидке псування продукту, а також належну кількість усіх поживних речовин, які притаманні молочним продуктам.

Згідно чинних нормативів козине молоко повинно мати смак і запах наближений до коров'ячого молока, однак допускається наявність специфічного так званого «козиного» запаху. Колір козиного молока як правило повинен бути білим, вміст жиру в ньому не нижче 4%, протеїну – 3%. При цьому густина козиного молока коливається в межах 1027–1038 кг/м³, кислотність становить не нижче 15°Тернера, а мікробне забруднення – не нижче II класу [194].

Виробництво високоякісного козиного молока та високоякісної молочної продукції значною мірою залежить від працівників ферми, дотримання санітарних умов молокопереробних підприємств та роздрібної торгівлі. Забезпечення належної якості молока має починатися на рівні ферми, оскільки

смак і якість молока неможливо покращити на етапах переробки. Загальний принцип виробництва якісної молочної продукції полягає в тому, що чим краща якість сирого молока, тим краща якість продуктів його переробки.

Свіже молоко швидко псується і його якість погіршується, оскільки на неї впливає багато факторів таких як годівля, поводження з тваринами до і під час доїння, обробка молока під час і після доїння, охолодження, транспортування, пастеризація, пакування та стан гігієни молочного посуду. Чисте середовище в доїльному залі так само важливе, як і склад сирого молока.

Молоко може швидко розкладатися, оскільки воно є дуже придатним поживним середовищем для росту багатьох видів бактерій. Молоко належної якості не повинно мати надто багатої основної бактеріальної флори, а також не повинно містити шкідливих патогенів або мікроорганізмів, які можуть псувати кисломолочні продукти [52].

У різних частинах світу виробляють і споживають численні різновиди продуктів, виготовлених з козиного молока. Молоко для виробництва сиру має бути якісним і відповідати таким критеріям:

- ✓ не містити будь-яких видимих домішок;
- ✓ не мати сторонніх смаку чи запаху;
- ✓ його кислотність повинна бути близькою або дещо вищою, ніж під час доїння, якщо воно не було піддано періоду дозрівання, під час якого відбувається утворення молочної кислоти бактеріями, які в ньому містяться;
- ✓ природні бактерії, що виробляють молочну кислоту, та/або дріжджі або бактерії закваски для сиру, які можна додавати до молока, повинні мати можливість виживати та розмножуватися до належної кількості в молоці;
- ✓ молоко не повинно містити сторонніх речовин, таких як антибіотики, антисептики, миючі засоби тощо;
- ✓ молоко не повинно бути забруднене патогенними мікроорганізмами або мікроорганізмами, які можуть виявитися небажаними для виробництва сиру.

Хоча основні процедури виробництва сиру є подібними для багатьох країн, які виробляють козиний сир, однак відмінності існують завдяки варіації у складі молока, модифікації виробничих процедур, а також різноманітності часу й умов витримки сирів.

Хімічний склад козиного молока коливається залежно від сезону виробництва і породи. Молоко кіз англо-нубійської породи характеризується високим вмістом жиру, який досягає 2,6%, протеїну – 3,0%, лактози – 4,5% та казеїну – 2,5%. При цьому вміст сухого знежиреного молочного залишку становить 8,2%. За вмістом жиру молоко отримане від кіз англо-нубійської породи переважало аналогічний показник молока кіз альпійської породи. Молоко кіз багате на мінеральні компоненти, зокрема вміст кальцію у цьому продукті знаходилось в межах 94,7 – 169,8 мг/100 г. Що стосується породних особливостей, то у молоці кіз німецької білої породи його вміст був вірогідно вищим ніж у молоці кіз альпійської породи. Кількість соматичних клітин у молоці тварин відображає клінічний стан молочної залози, цей показник у кіз досліджуваних порід не виходив за межі характерні для молока вищого ґатунку [185]. При цьому у молоці кіз німецької білої породи виявлено 271000/мл соматичних клітин, що поєднувалось з кращою його сиропридатністю [177].

До молока, яке використовується для виробництва сирів застосовуються гігієнічні вимоги, які включають ступінь чистоти, бактеріальне обсіменіння, наявність інгібуючих речовин, спор мезофільних анаеробних лактатзброджуючих маслянокислих бактерій та кількості соматичних клітин. Особливістю молока призначеного для виробництва сирів є суворий контроль вмісту речовин, здатних пригнічувати ріст і розмноження молочнокислих бактерій. До таких речовин відносять залишки мийних і дезінфікуючих засобів, антибактеріальних сполук, консервантів та інших фармацевтичних засобів, а також засобів захисту тварин та рослин. Редуктазна проба молока вважається допустимою за відсутності речовин, здатних викликати пригнічення росту молочнокислих бактерій. Тому визначати наявність у

молоці інгібуючих речовин необхідно одночасно з постановкою проби на редуктазу. У молоці належної якості не допускається наявність значної кількості газоутворюючих мікроорганізмів, зокрема маслянокислих бактерій та *E. coli*. Розмноження маслянокислих бактерій у молоці спричиняє утворення колоній, які знищуються протягом у процесі пастеризації. Крім того маслянокислі бактерії здатні розвиватись у сирі, викликаючи утворення масляної кислоти та водню, що надає сиру неприємного смаку. Одночасно з цим утворення газу призводить до виникнення численних вічок, а також тріщин і спучування головок сиру. Молоко, призначене для виробництва сирів, піддають контролю щодо наявності спор мезофільних анаеробних лактатзброжуючих маслянокислих бактерій, кількість яких не повинна перевищувати 10 спор.

У процесі виробництва сиру використовується здатність молока до згортання за рахунок дії сичужного ферменту. Особливістю козиного молока є повільне згортання, тому для отримання молочного згустку застосовують підвищені дози сичужного ферменту, оскільки таке молоко називається сичужно-в'ялим, і в ньому досить повільно розвиваються мікроорганізми. Однією з важливих характеристик молока, яка відображає його здатність до згортання є наявність у молоці бактерій групи кишкової палички. Для цього використовують сичужно-бродильну пробу, в основі якої лежить контроль якості молочного згустку. У молоці, призначеному для сиру, кількість соматичних клітин не повинна перевищувати 500 тис./см³ молока. Не підлягає переробці на сир молоко, одержуване в господарствах, неблагополучних з бруцельозу, туберкульозу, ящуру, сальмонельозу.

Загальна кількість бактерій і соматичних клітин є найважливішими гігієнічними параметрами, і підвищення їх значення, як правило, пов'язане з погіршенням сироварних властивостей молока, що негативно позначається на здатності виходу сиру [52, 156]. Зокрема, збільшення кількості соматичних клітин глибоко погіршує коагуляційні властивості сичужного ферменту, що призводить до сирної маси зі зниженою здатністю утримувати жирові кульки

в параказеїновій матриці, а також до збільшення втрат при виробництві сиру через високий рівень жиру, втраченого з сироваткою [53].

Крім того, збільшення кількості соматичних клітин у молоці пов'язане з підвищенням активності протеолітичних ферментів, головним чином плазміну, що викликає ранню деградацію казеїнів на фрагменти різного розміру. З іншого боку, відомо, що підвищена кількість бактерій у молоці може призвести до ризику аномальних бродінь, які можуть призвести до більш-менш виражених дефектів текстури, кольору та смаку сиру.

Під час дозрівання молока для виробництва сиру суттєво впливає рівень як соматичних клітин, так і бактерій, що викликає спонтанне утворення вершків, яке відбувається протягом ночі при кімнатній температурі, оскільки ці клітини мають тенденцію прилипати до мембрани жирових кульок. Ця операція є ключовою для зменшення кількості спор клостридій, які відповідають за пізнє здуття головок під час дозрівання сиру. Крім того, спонтанне знежирення визначає суттєві зміни в хімічному та мікробіологічному складі молока, ступінь яких залежить від його вихідних характеристик [52].

Температура охолодження молока, яке використовується для виготовлення сиру, не повинна опускатися нижче 18°C, оскільки за температури 4°C створюються сприятливі умови для розвитку психрофільних бактерій [55], які виробляють терморезистентні протеолітичні та ліполітичні ферменти, відповідальні за дефекти смаку під час дозрівання сиру [31]. Крім того, тривале охолодження молока сприяє розчиненню β -казеїну та неорганічного фосфату кальцію з казеїнової міцели, що призводить до погіршення коагуляції сичужного ферменту та здатності молока утворювати сир.

Важливо відмітити, що виробництво крафтових сирів з козиного молока характеризується індивідуальними умовами кожної ферми, починаючи з породи кіз, їх годівлі, системи доїння, обробки та зберігання молока і закінчуючи умовами виготовлення і режимом дозрівання сирів.

1.2. Хімічний склад твердих сирів під час дозрівання

Сир з козиного молока є цінним і популярним желеподібним молочним продуктом у світі. Це молочний продукт, який протягом століть відігравав ключову роль у харчуванні людини і більшість його властивостей залежить від хімічного складу молока, а також способу і глибини його обробки [13, 14, 15, 60, 85].

Крафтові козині сири залишаються відносно дорогими продуктами, синонімом смакової насолоди, що залежить від багатьох факторів, таких як хімічний склад, зокрема вміст протеїну, жиру та солі, а також від наявності і співвідношення біологічно активних сполук, які знаходяться або утворюються в процесі дозрівання. На характеристики дозрілого сиру впливають компоненти молока та мікроорганізми, які в ньому знаходяться протягом всього періоду дозрівання [44], а також умови дозрівання (активність води, концентрація та дифузія солей, температура та відносна вологість навколишнього середовища).

Одним з найважливіших явищ під час дозрівання сирів є випаровування вологи з серцевини і кірки та її перерозподіл з серцевини на поверхню головки. Тим часом у сирі відбувається низка біохімічних процесів, що забезпечують його дозрівання, зокрема метаболізм лактози, цитрату та лактату, ліполіз, метаболізм жирних кислот, протеоліз і катаболізм амінокислот. Основними агентами цих біохімічних перетворень є ферменти молока, заквасочних і природних мікроорганізмів, а також коагулянту [35, 152].

Серед компонентів сирів, які визначають їх якість, є вміст жиру та білка, а також низка ароматичних і біологічно активних сполук: метанетіолу, вільних жирних кислот, ацетоїну, діацетилу, ацетату, етанолу та пропіонату. На хімічний склад і якість сиру впливають різні чинники: умови утримання і годівлі тварин [113], мікробіологічний і хімічний склад молока, технологія виготовлення, терміни і умови дозрівання сиру [47, 167].

Вміст білка і жиру в молоці може змінюватися в залежності від виду, породи, сезону, стану здоров'я, стадії лактації та раціону тварин [96, 98]. Крім того, тип закваски, що використовується у виробництві сиру, може змінювати загальний вміст білка, жиру, золи та профіль жирних кислот через різну активність та специфічність протеолітичних та ліполітичних ферментів [121, 158].

Основним компонентом, що визначає якість молока, яке використовується для виробництва сиру, є вміст білка. Молоко з високим вмістом білка, особливо казеїну, забезпечує високий вихід і якісні сирні продукти. Вміст жиру також важливий, але особливо важливе співвідношення вмісту білка або казеїну до нього. Від вмісту жиру в значній мірі залежить якість сиру, його калорійність і харчова цінність, фізичні властивості і хімічний склад. Вміст жиру в молоці може коливатися в широких межах від 2,5% до 5%, а іноді і більше. Вміст білка в молоці змінюється в меншій мірі в порівнянні з вмістом молочного жиру. Найбільшу частку білка займає казеїн, приблизно 3% від усіх білків, які містяться в молоці [23]. Зміна вмісту білка і жиру в молоці істотно впливає на склад сиру і його вихід.

Тип закваски, що використовується для виготовлення сиру, може змінити загальний вміст білка, жиру, золи та жирних кислот у сирі через різну активність та специфічність протеолітичних та ліполітичних ферментів. Через зневоднення вміст білка та жиру в сирах під час дозрівання збільшується [158].

Вміст жиру та води в сирах також залежить від сезону їх виробництва. Встановлено, що сири виготовлені в зимовий період, характеризуються вірогідно вищим вмістом білка, ніж під час літнього періоду. На склад і якість сиру впливають різні чинники: мікробіологічний і хімічний склад молока, технологія виготовлення сиру, терміни і умови дозрівання [167]. Крім того, тип закваски, що використовується у виробництві сиру, може змінювати загальний вміст білка, жиру, золи та профіль жирних кислот через різну активність та специфічність протеолітичних та ліполітичних ферментів. Під

час дозрівання сирів вміст білка та жиру збільшується, що може бути спричинено частковим випаровуванням води [87].

Нині сири виготовляються з різних типів і видів молока. При цьому використовується велика різноманітність технологій його обробки. Крім цього унікальність сирам надають різні терміни витримки та дозрівання, в результаті чого виходять численні сорти з великою різноманітністю за текстурою, смаком і формою. Одними з найбільш популярних є тверді та напівтверді сири, які є надзвичайно цінними молочними продуктами, що містять поживні та біологічно активні речовини [114].

Серед компонентів твердих сирів у процесі дозрівання найінтенсивніше змінюється вологість [39]. Низькі значення вологи в сирі на рівні 25 г/100 г були досягнуті в твердих сирах, дозрілих 50 місяців. Пояснюють збереження якості сиру Пармезан за рахунок низького рівня як вологи (29,2%), так і активності води (0,917) [51]. Вміст білка в сирі Пармезан коливається від 31,2 до 33,8 г/100 г, без характерної тенденції протягом часу дозрівання. Водночас вміст жиру надзвичайно мінливий (29,2–35,7 г/100 г), а діапазон значень на основі сухої речовини також був широким (42,1–47,9 г/100 г). Високий вміст жиру робить структуру сиру м'якшою, особливо при низькому вмісті вологи. Ймовірно, при виготовленні сирів, призначених для тривалого дозрівання типу Пармезан, сировари навмисно видаляють менше жиру з сирого молока, щоб досягти цього ефекту [39].

Сир також містить перетравні білки високої біологічної цінності. У процесі дозрівання сирів відбувається протеоліз, завдяки якому казеїни здатні піддаватися гідролізу з утворенням різноманітних пептидів і амінокислот, які володіють антиоксидантними властивостями. Внесення додаткових закваскових культур мікроорганізмів, а також збільшення тривалості дозрівання сирів сприяє утворенню пептидів і підвищує їх антиоксидантну здатність. Окремі пептиди вважають джерелом цінних біологічно активних речовин, які притаманні харчовим продуктам з функціональними властивостями [91].

В ліпідній фракції сирів концентруються більшість жиророзчинних вітамінів та каротиноїдів. Тому під час відділення сироватки жиророзчинні компоненти втрачаються в незначній кількості, тоді як водорозчинні вітаміни переходять у сироватку більшою мірою. При цьому ціанкобаламін, рибофлавін, фолієва кислота, а також ніацин можуть затримуватися сирною масою в достатній кількості. Крім молока джерелом вітамінів групи В, зокрема ціанкобаламіну в твердих сирах є пропіоновокислі бактерії, які в процесі своєї життєдіяльності можуть синтезувати ці біологічно активні сполуки [91].

У дозрілих сирах виявлено складний мінеральний склад, що дозволяє вважати їх джерелом макро- та мікроелементів, зокрема кальцію та фосфору. Біологічна доступність кальцію з сирів для організму людини пов'язана зі здатністю до утворенню складних комплексів з пептидами, а його високий вміст сприяє зниженню накопичення жиру в тканинах та нормалізує артеріальний тиск. Враховуючи високу інтенсивність гліколізу у процесі дозрівання в твердих сирах міститься незначна кількість лактози, що дозволяє вважати такий продукт безпечним для людей з поганою переносимістю лактози [179]. У процесі дозрівання твердих сирів утворюється значна кількість ферментів, зокрема кисла фосфатаза, яка сприяє синтезу фосфорильованих пептидів, що володіють позитивним впливом на стан здоров'я людини.

Ще один важливий мінеральний компонент натрій входить до складу сирів, і хоча його вміст в харчових продуктах часто обмежують, однак згідно статистичних даних з сиром в організм людини надходить 5–8% від його загальної кількості в складі раціону харчування [91]. Основним джерелом натрію в сирах є кухонна сіль, а споживання натрію у складі сиру досить часто проявляє профілактичний ефект, особливо в судинах за рахунок зменшення інтенсивності прояву окислювального стресу. Отже, споживання твердих сирів може розглядатися як елемент профілактичної дієти, особливо для категорій з підвищеним ризиком виникнення патології серцево-судинної системи, а також для здорових людей, які не страждають на солезалежну

гіпертонію [5]. Таким чином, сир є важливим молочним продуктом, який високо цінується споживачами. Про це свідчить суттєве зростання попиту і споживання сирів, особливо останнім часом, оскільки щороку збільшується частка споживачів, яка сприймає сири як здорові харчові продукти.

До важливих нормативних документів, які регламентують контроль якості і безпечності харчових продуктів, відноситься Кодекс Аліментаріус, де наведена класифікація сортів сирів за низкою параметрів, зокрема хімічним складом і консистенцією, а також терміном дозрівання та вмістом вологи і жиру. Надтверді сири містять вологи менше 51%, тверді сири – 49-56% і напівтверді – 54-69%, м'які сири – понад 67% [36].

Протягом періоду дозрівання в сирах відбуваються зміни вмісту білку і жиру, що забезпечує утворення значної кількості поживних і смакових характеристик. Ліполіз, який відбувається у процесі дозрівання сирів, забезпечує бажані відтінки смаку і оригінальну текстуру багатьох сортів сирів. У цьому відношенні має значення вміст у сирі коротколанцюгових жирних кислот, які у великій кількості надають згріклий і часто неприємний присмак особливо у зрілих і старозрілих сирах [176]. Протеоліз, що також відбувається у процесі дозрівання сирів, призводить до гідролізу білків з утворенням пептидів та амінокислот, що поліпшує текстуру, аромат та смак сиру. Одночасно з цим гідроліз пептидів і перетворення амінокислот, низки жирних кислот, а також і молочної кислоти сприяє синтезу летких сполук, які визначають не лише смак, але й аромат сиру. Цей процес може перебігати з утворенням продуктів обміну амінокислот, зокрема біогенних амінів, які можуть бути токсичними для людей певних категорій [24].

У більшості досліджень щодо визначення фізико-хімічних характеристик крафтових сирів під час дозрівання, наведені дані, де використано коров'яче молоко, його різні купажі з іншими видами молока [72, 137], козине пастеризоване молоко [122] чи козине непастеризоване молоко для виготовлення сирів з коротким терміном дозрівання [88], тоді як інформації про динаміку фізико-хімічних показників сирів з козиного непастеризованого

молока тривалого терміну дозрівання – 12 і 24 місяці недостатньо для розкриття основних параметрів їх автентичності.

1.3. Профіль жирних кислот та індекси якості ліпідів у сирах під час дозрівання

Продуктам, виробленим з козиного молока, споживачі віддають перевагу через їх краще засвоєння порівняно з коров'ячим молоком [106]. Козині сири живлять як у молодому віці (незрілі), так і старостиглі. Серед поживних речовин, які містяться в сирах, поряд з білком важливе значення має жир [130]. Жировий склад козиного молока визначає не лише його технологічні характеристики та поживну якість, але й смак, м'якість та плавкість сиру [130]. При цьому оригінальність смаку і аромату таких сирів зі збільшенням терміну дозрівання посилюється, що збільшує попит серед споживачів. У процесі дозрівання твердих сирів відбувається зміна рН, проходить розпад білків і ліпідів [68]. Ліполіз спричиняє вивільнення жирних кислот, особливо коротко- і середньоланцюгових, які безпосередньо впливають на утворення специфічного сирного смаку. Крім того, вільні жирні кислоти є субстратами для подальших ферментативних реакцій, що забезпечують утворення продуктів, які створюють аромат сирів [181].

Ліпіди, які містяться в сирах, є носієм природних жиророзчинних вітамінів (А, D, Е і К), а також β -каротину та інших каротиноїдів, що визначає їх користь для здоров'я людини. Основними ліпідами в молочному жирі є триацилгліцероли, які складають понад 98%, а решта припадає на діацилгліцероли, моноацилгліцероли, вільні жирні кислоти, фосфоліпіди, стерини та вуглеводні. Композиція триацилгліцеролів молочного жиру надзвичайно складна, оскільки до їх складу входить понад 400 різних жирних кислот, які можуть бути естерифіковані в трьох положеннях: sn-1, sn-2 і sn-3 молекули гліцеролу [64].

Насичені жирні кислоти є основними жирними кислотами у молочному жирі. До них входять коротколанцюгові, середньо- та довголанцюгові жирні кислоти, а також непарні жирні кислоти і жирні кислоти з розгалуженим вуглецевим ланцюгом [40, 95]. Залежно від структури молекули жирні кислоти мають різний вплив на здоров'я людини [17]. Насичені жирні кислоти, до яких належать лауринова (C12:0), міристинова (C14:0) і пальмітинова (C16:0) підвищують рівень холестеролу в крові людини з одночасним збільшенням антиатерогенного рівня холестеролу ліпопротеїнів високої щільності і мають корисні властивості для здоров'я [124]. Жирні кислоти з непарним, а також з розгалуженим ланцюгом здатні проявляти антиканцерогенну дію [99], здатні зменшити частоту некротичного ентероколіту і вважаються біомаркерами споживання молочного жиру людиною [2].

Мононенасичені і поліненасичені жирні кислоти є структурними компонентами багатьох біологічно активних речовин, корисних для здоров'я людини. Одними з найкращих і доступніших для організму людини природних трансжирних кислот в молочному жирі є вакценова кислота (транс-11 C18:1) і кон'югована лінолева кислота (цис-9 транс-11 C18:2) [145, 155].

ω3 ПНЖК, які містяться в молочному жирі, запобігають захворюванням серця та покращують імунну відповідь організму. Споживання ω3 ПНЖК та ω6 ПНЖК позитивно впливає на здоров'я людини, забезпечуючи регенеративну і профілактичну функцію. Молочний жир також є багатим джерелом масляної кислоти (C4:0), яка сприяє функціональній стабільності шлунково-кишкового тракту і знижує інтенсивність запальних процесів [38, 64].

Дієтичні жирні кислоти можуть мати різний вплив на здоров'я людини [17, 124]. Жирні кислоти з розгалуженим ланцюгом мають протипухлинну дію та покращують функцію β-клітин підшлункової залози. Жирні кислоти з розгалуженим ланцюгом походять із клітинних мембран бактерій рубця жуйних тварин [159]. Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК) і поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) є біологічно корисними для здоров'я

людини. Найкращим джерелом природних трансжирних кислот таких як вакценова і кон'югована лінолева кислота є молочний жир, який демонструє сприятливий вплив порівняно з синтетичними трансжирними кислотами в частково гідрогенізованих оліях [155].

Згідно з літературними даними [80, 81], на профіль жирних кислот, у тому числі вміст лінолевої кислоти у сирах і кисломолочних продуктах, можуть впливати умови технологічних процесів, використовувані добавки, активність доданих заквасок і термін дозрівання.

Кількісний склад жирних кислот у молочному жирі змінюється під впливом різних факторів таких як: годівля тварин [56], порода, період лактації, індивідуальні особливості, кліматичні умови, стан здоров'я, вік [1, 86], а також сезон виробництва молока [125].

Сири літнього сезону мають більш високий вміст ненасичених жирних кислот (НЖК) і нижчий вміст насичених жирних кислот (НЖК) порівняно з сирами з зимового сезону [145]. Крім того, усі проби сиру містили основні НЖК у формі пальмітинової кислоти, міристинової кислоти та стеаринової [126, 127, 128]. Крім того, вміст мононенасичених жирних кислот (МНЖК) і поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) значно вищий у літніх сирах, ніж у зимових сирах. В сирах літнього і зимового виробництва олеїнова кислота (цис-9 C18:1) була основною МНЖК. Тоді як основними ПНЖК були лінолева кислота (C18:2) і ліноленова кислота (C18:3). Вміст коротколанцюгових жирних кислот (КЖК) не відрізнявся істотно між літніми та зимовими сирами. Літні сири мали значно вищий вміст жирних кислот з розгалуженим ланцюгом порівняно з зимовими сирами. Вміст жирних кислот непарного ланцюга в аналізованих сирах був на подібному рівні [128].

У представленому дослідженні вміст $\omega 3$ ПНЖК був достовірно вищим у літніх сирах, ніж у зимових сирах, тоді як вміст $\omega 6$ ПНЖК був на такому ж рівні. Значення показників ліпідної якості різнилися між літніми та зимовими сирами. Літні сири містили значно більше бажаних гіпохолестеринемічних

жирних кислот (БЖК) і значно менше гіперхолестеринемічних жирних кислот (ГЖК). Крім того, індекси АІ та ТІ були значно вищими у зимових сирах [128].

Жир з молока, отриманого в сезон зеленого корму, містить значно більше кислот С18, головним чином кислоти С18:1, і значно менше пальмітинової та міристинової кислот, ніж в стійловий період утримання тварин. Жир молока пасовищного періоду утримання корів також характеризується більшим вмістом цис-9 транс-11 С18:2 кон'югованої лінолевої кислоти та С18:1 і С18:2 транс ізомерів [89].

Із зазначених факторів найбільший вплив на жирнокислотний склад молока та продуктів його переробки має годівля тварин, яка включає використання пасовища, споживання зеленої трави чи сіна та концентрованих кормів [29, 43, 67, 136]. Хімічний і жирнокислотний склад сиру також залежить від мікробіологічного та хімічного складу молока, технології його виготовлення [127, 140, 167], терміну дозрівання та добавок [111, 154].

Хімічний склад і жирнокислотний склад сиру може відрізнитися від молока. Склад сиру залежить від мікробіологічного та хімічного складу молока, технології виготовлення сиру, терміну дозрівання та умов сироварні [54, 142]. Оскільки молочний жир і білок є основними складовими сиру, якість продукту сильно залежить від їх концентрації в молоці.

У сирах, виготовлених з коров'ячого молока, вміст НЖК коливався від 65,23% до 68,52%, вміст МНЖК коливався від 27,90% до 31,19%, а вміст ПНЖК коливався від 3,48% до 4,17%. Подібні результати були отримані і в інших дослідженнях [126], які продемонстрували, що вміст МНЖК та ПНЖК у комерційних сирах, виготовлених з коров'ячого молока, становив 27,92% та 3,31% відповідно.

Вважається, що індекси АІ та ТІ впливають на ризик серцево-судинних захворювань [166]. Чим вище значення цих індексів, тим вище ризик певних захворювань. Молочні продукти з нижчими значеннями АІ можуть знизити рівень загального холестерину та холестерину ЛПНЩ у плазмі людини [76]. Значно вищий коефіцієнт Б/Н був виявлений у літніх сирах, ніж у зимових.

Крім того, літні сири мали більш сприятливе співвідношення ω_6 до ω_3 кислот (3,04) порівняно з зимовими (4,52), що може свідчити про кращі оздоровчі властивості літніх сирів.

Пропорції окремих груп жирних кислот у молочних продуктах мають особливе значення з точки зору харчування. Надмірна кількість ω_6 ПНЖК і дуже високе співвідношення ω_6/ω_3 , яке зазвичай можна знайти в сучасних західних дієтах, сприяють патогенезу багатьох захворювань, тоді як підвищені рівні ω_3 ПНЖК (низький ω_6/ω_3) справляють супресивний ефект [163]. Подібні результати були отримані Hirigoien et al. для співвідношення ω_6/ω_3 у сирах [69]. Автори показали, що цей коефіцієнт у сирах «Колонія», вироблених з коров'ячого молока навесні, становив 4,47 і 3,29 у сирах, вироблених восени.

Жирнокислотний склад молочного жиру на який впливають такі фактори, як стадія лактації, порода корови, генетика та склад раціону, може змінити реологічні та текстурні властивості сиру. Пальмітинова кислота (C16:0) і олеїнова кислота (C18:1) є основними насиченими і ненасиченими жирними кислотами в молоці, які мають високу і низьку точки плавлення відповідно [22].

Відомо, що вищий коефіцієнт співвідношення C18:1 до C16:0 дає більш вершковий і менш твердий сир. У дослідженні спостерігали зниження твердості сиру Раклет на ~30%, коли співвідношення C18:1 до C16:0 у молоці для виробництва сиру збільшилося з 0,8 до 1,0. У випадку з сиром Раклет підвищена твердість збільшує ризик утворення тріщин, що істотно впливає на якість сиру [22].

Вплив складу жирних кислот на смак сиру ще не повністю вивчений. Однак можна припустити, що складна кристалізаційна поведінка через склад жирних кислот може змінити коалесценцію жирових кульок у роті під час пероральної обробки, що, у свою чергу, може вплинути на пов'язане з жиром сенсорне сприйняття. Наприклад, високий вміст твердого жиру в краплях емульсії посилює коалесценцію крапель емульсії та зменшує тертя під час пероральної обробки емульсійних гелів.

Тверді сири з тривалим терміном дозрівання володіють особливими характеристиками, щодо динаміки жирних кислот. На прикладі сиру Копе був охарактеризований на основі загального хімічного складу, вільних жирних кислот (ВЖК), органічних кислот, летких сполук і сенсорних властивостей протягом 187 днів періоду дозрівання. C16:0, C18:1cis Δ^9 і C14:0 були найпоширенішими вільними жирними кислотами цього сиру. Молочна та оцтова кислоти були найбільш поширеними органічними кислотами, що впливають на сенсорні властивості сиру. Аналіз основних компонентів показав, що бутанова кислота, бутилгексаноат і 2,3-бутандіол є ключовими леткими сполуками. Згідно з дослідженнями у ранньостиглого сиру ліполіз та метаболізм лактату проявляються більш інтенсивно, ніж у середньостиглих та старостиглих. За даними летких сполук і насичених жирних кислот сири можна розділити на три групи:

- (1) ранньостиглі сири з солоним смаком, від воскоподібного до сирного запахом і гумовою консистенцією;
- (2) середньостиглі сири з солодким смаком і сирним запахом;
- (3) старостиглі сири з гірким смаком, сирним або різким запахом, твердою та крихкою текстурою.

Текстурні ознаки сильно корелюють з індексами протеолізу та величиною рН сиру. Результати сенсорної привабливості вказують на значну кореляцію з гостротою, гіркотою та вмістом органічних кислот. Найбільш бажаним продуктом для споживачів були проби сиру, дозрілі на 127-й добу. Час дозрівання мав значний вплив на хімічний склад, особливо на параметри, які визначають структуру, а також інтенсивність біохімічних процесів і кінцеві сенсорні властивості сирів [48].

Вміст жирних кислот у сирах залежить також від терміну їх дозрівання. Вміст загальних вільних жирних кислот (15 кислот, C4:0-C18:3) значно підвищився, а вміст ненасичених жирних кислот досяг 47,89 мг/г жиру на 42 добу дозрівання сиру Monascus [174].

Не зважаючи на значну популярність, безумовну користь і високий попит на тверді крафтові сири з непастеризованого козиного молока, у літературі практично відсутні дані щодо динаміки їх жирнокислотного складу і якості ліпідів у процесі тривалого дозрівання – 12 і 24 місяці.

1.4. Мікробіологічні процеси під час дозрівання твердих сирів

Взаємодія між мікроорганізмами глибоко впливає на динаміку мікробних спільнот сиру і, як наслідок, на численні аспекти його якості, від виробництва метаболітів, що впливають на смак і аромат, до тіста, текстури та кольору. Тому розуміння та використання взаємодій між корисними чи шкідливими мікроорганізмами є ключовим для управління якістю сирів. Це дозволяє визначити закономірності функціонування систем різної складності – простих, які характерні для свіжих сирів, вироблених з пастеризованого молока з використанням певних заквасок і складних, властивих для динамічних систем, таких як поверхнево дозрілі сири, вироблені із сирого молока, в якому динамічна послідовність різноманітних мікроорганізмів є важливою для отримання бажаного поєднання сенсорних властивостей, гарантуючи безпечність.

В основі взаємодії мікробіоти сирів розглядаються позитивна: коменсалізм і протокооперація та негативна: конкуренція, аменсалізм, хижацтво та паразитизм. Складні багатовимірні набори даних, створені мультиомічними підходами до мікробіології та біохімії сиру [123].

Сири, як і всі ферментовані продукти, є створеними людиною динамічними системами, в яких середовище органічне, а біота створена виключно мікроорганізмами: бактеріями, грибами та вірусами [63] за кількома винятками, у яких членистоногі відіграють більш-менш корисну роль [32].

Мікробний метаболізм є одним з основних факторів сенсорних властивостей сиру, а динаміка мікробіоти сильно впливає на якість і безпечність сиру [63]. Навіть коли складна мікробіота сирого молока різко

спрощена термічною обробкою та додаванням визначених заквасок, а дозрівання та зберігання відносно короткі (як у свіжих чи молодих сирів), мікробна взаємодія є важливою для визначення інтенсивності бродильних процесів.

Очевидними прикладами взаємовпливу мікробіоти у сирах, які зумовлюють динаміку зміни різних видів мікроорганізмів під час дозрівання, є паразитизм, коли літичні бактеріофаги інфікують стартові штами мікроорганізмів, які мають глибокий вплив на структуру та динаміку мікробних спільнот, або протокооперація між ключовими стартовими видами, такими як *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* або *lactis* [21, 182].

Іншу сторону спектру представляють сири з сирого молока, вироблені без закваски або з використанням традиційних заквасок і з більш тривалим дозріванням. У цих сортах сиру незмінно розвивається складна схема взаємодії мікроорганізмів і послідовність видів і штамів, і її контроль є ключовим для якості сиру [21, 63].

Складність мікробної спадкоємності та взаємодії в поверхневих дозрілих сирах добре відома, і була продемонстрована у серії останніх досліджень [37]. У всіх взаємодіях між мікробіотою, які створюються під час дозрівання сирів, можливі кілька типів позитивних (комменсалізм, протокооперація) і негативних (конкуренція, аменсалізм, паразитизм) взаємодій між парою партнерів або між більш складними модулями та кліками, тобто між групами видів.

Взаємодія мікробіоти у сирі та інших ферментованих харчових продуктах була предметом останніх комплексних оглядів [21, 30, 63, 123].

Під час дозрівання сирів важливу роль відіграють непрямі взаємодії мікробіоти: вони зумовлені зміною величини рН, виробництвом, споживанням субстратів, вивільненням поживних речовин і більшість мікробного росту

відбувається на різних стадіях дозрівання сиру (виробництво, дозрівання) або в різних місцях локалізації (ядро, поверхня). Прикладами є взаємодії між:

- заквасочними молочнокислими бактеріями і незаквасочними молочнокислими бактеріями у сирах, дозрілих всередині;
- молочнокислими бактеріями і пропіоновокислими бактеріями в сирах швейцарського типу;
- молочнокислими бактеріями, грибами і поверхневою флорою в поверхнево дозрілих сирах [21, 63, 102].

Більшість досліджень присвячені умовам, які створюються за рахунок обміну метаболітів, і більшість зосереджена на сирах із поверхневою стиглістю та сирах із блідою кіркою, у яких розвиток бажаних сенсорних властивостей залежить від складних взаємодій між молочнокислими, протеобактеріями, актинобактеріями, стафілококовими бактеріями, дріжджами та пліснявими грибами.

Виробництво бактеріоцинів мікроорганізмами може вплинути на стабільність заквасок змішаних штамів і через потенційне використання в біоконсервації для контролю патогенних мікроорганізмів і мікроорганізмів, що псують сири [92]. Крім того, виявлення метагеномів для генів бактеріоцину [171] і використання цільових методів для вивчення їх експресії в сирі є актуальним питанням взаємодії мікроорганізмів.

На взаємовплив мікробних асоціацій може сильно вплинути тверда природа сирної матриці: вологість сиру і навіть внутрішнє середовище колоній можуть впливати на дифузію відносно великих молекул [65] таких як бактеріоцини, але також у короткостроковій перспективі менших молекул. Насправді просторовий розподіл колоній і дифузія молекул всередині та між колоніями в/або на сирній матриці можуть суттєво впливати на якість сиру.

Виявлено, що різні мікроорганізми нерівномірно поширюються у тісті сирів. Так, у сирі Стілтон *Lactococcus* і *Leuconostoc* утворили мікроколонії чистої культури в різних частинах сиру, а мікроколонії, ідентифіковані як *Lactiplantibacillus plantarum* або попередньо ідентифіковані як *Latilactobacillus*

curvatus, з'явилися в під кіркою або поблизу прожилок. Мікробна взаємодія на сирній шкірці може комплексно впливати на виживання та ріст *Listeria monocytogenes* і *Escherichia coli* – двох патогенів, які пов'язані зі спалахами харчових інфекцій через споживання сирів, дозрілих на поверхні [58, 59].

Було виявлено, що спільне культивування на поверхні сиру *Brevibacterium* та *Psychrobacter* впливає на експресію генів, транскрипція яких регулюється глобальним регулятором стресу σ^B [7]. Виявлено та ідентифіковано гени, які пов'язані з виживанням і ростом у сирній моделі *Escherichia coli* як окремо, так і в бінарних і множинних асоціаціях з мікроорганізмами шкірки сиру, такими як *Geotrichum candidum*, *Hafnia alvei* та *Penicillium camemberti* [109]. Важливі гени були пов'язані з синтезом або метаболізмом амінокислот, отриманням заліза або реакцією на токсичні сполуки та окислювальним стресом. Крім того, ріст у спільному вирощуванні продемонстрував, що види сиру можуть справляти як позитивний вплив (забезпечуючи вільні амінокислоти), так і негативний вплив (виробництво токсичних сполук або окислювальний стрес) на різні види мікроорганізмів.

Збір та інтерпретація даних є найбільш перспективним підходом для вивчення мікробних взаємодій у сирі під час виробництва сиру та дозрівання. Інтегровані підходи для детального аналізу складних взаємодій у мікробних спільнотах сиру є важливою роботою над поверхнево дозрілими сирами [37].

Починаючи з широкої метатаксономічної та метагеномної характеристики мікробних угруповань різної кірки сирів, зокрема поверхнево дозрілих, промитої кірки та природної сухої кірки, а також з розробки детального набору протоколів для взаємодій у модельних сирах [37], отримано детальні докази для критеріїв, які визначають різноманітність і функціональність мікробних спільнот на поверхні сирів.

Поверхнево дозрілі сири є чудовою моделлю для вивчення взаємодії мікробів у середовищі, це сири, поверхня яких дозріває за допомогою ниткоподібних грибів (що призводить до появи кірки з нальотом: Камамбер,

Брі) або за допомогою складних консорціумів дріжджів, плісняви та бактерій (сири з промитою кіркою: Лімбургер, Тільзіт).

Вони включають як традиційні сорти сирів, які виробляються з використанням сирого молока, так і промислові сорти, які виробляються з використанням пастеризованого молока, інокульованого певними заквасками, і в яких розвитку поверхневої мікробіоти сприяє додавання специфічних комбінацій грибів і бактерій. Склад мікробіоти кірки цих сирів значно складніший, ніж у сирів із твердою сухою кіркою, а зріла мікробіота є результатом складної послідовності: росту галофільних, кислоточутливих бактерій. Це стало можливим завдяки споживанню дріжджами молочної кислоти та підвищенню величини рН внаслідок протеолізу, спричиненого дріжджами, пліснявою та, меншою мірою, молочнокислими бактеріями. Нещодавні дослідження з використанням високопродуктивних підходів секвенування показали, що окрім складних угруповань Actinobacterium (*Brevibacterium*, *Microbacterium*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*) і Firmicutes (*Staphylococcus*), які традиційно асоціюються з пігментацією та ароматом сирів, кілька Proteobacteria, включаючи *Pseudoalteromonas*, *Hafnia*, *Vibrio*, *Halomonas* і *Psychrobacter*, можуть впливати на цей процес своєю метаболічною активністю [3].

Молочнокислі бактерії є основною мікробіотою, яка відіграє важливу роль під час виробництва та дозрівання сиру. Форма, кількість і пропорції молочнокислих бактерій потім формуються під час виготовлення та дозрівання сиру, що чинить відбірковий тиск на решту мікроорганізмів. Різноманітні члени мікробіоти можуть взаємодіяти кооперативно та конкурентно, що може мати вплив на реологічні, органолептичні та безпечні властивості дозрілого сиру [102].

Молочнокислі бактерії є різновидом грампозитивних бактерій зі здатністю витримувати кислий рН, і вони є переважно коками або паличками при мікроскопічному дослідженні. Вони можуть перетворювати вуглеводи молока на молочну кислоту. Існує більше шістдесяти родів молочнокислих

бактерій. Найпоширенішими родами, що зустрічаються в харчових продуктах, які піддаються бродінню, є *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* та *Weissella* [61].

Природна бактеріальна асоціація молочнокислих бактерій у молоці є фундаментальною основою для виробництва та технології сирів із сирого молока. Нещодавнє дослідження, проведене в Італії, показує, що мікробна популяція молока, особливо того, що використовується для виробництва сиру Grana Padano PDO, може залежати від багатогранної природи сільськогосподарської практики. Впровадження суворих гігієнічних заходів та рівнів управління на молочній фермі негативно впливає на наявність різноманітної мікробіоти молока та зменшує бактеріальне навантаження [12].

Молочнокислі бактерії відіграють значну роль у сирах із сирого молока, таких як Parmigiano Reggiano (тверді сири тривалого дозрівання), як закваски під час підкислення сирної маси, так і як незаквасочні культури під час дозрівання сиру [101].

Більшість факультативних гетероферментативних лактобактерій і інших мікроорганізмів, які називаються незаквасочними, часто виділяють із сирів. Наприклад, одним з поширених незаквасочних молочнокислих бактерій, виділених із довгостиглих твердих сирів, є *Lactobacillus casei*, а також група, до складу якої входять *Lacticaseibacillus rhamnosus*, *Lacticaseibacillus paracasei* і *Lacticaseibacillus casei*. Ці види сприяють формуванню виразного смаку сиру під час процесу дозрівання [180].

Під час дозрівання сиру відбувається складна послідовність дій, що призводить до ряду біологічних реакцій. Протеоліз є одним із найбільш критичних процесів, який запускається закваскою, потім незаквасочними мікроорганізмами, і завершується протеолітичними ферментами, що виділяються популяцією бактерій. Ці механізми викликають конформаційні зміни в окремих пептидах і амінокислотному складі, який постійно змінюється в процесі старіння сирів, дозволяючи класифікувати сири на основі умов їхнього дозрівання.

В дослідженні встановлено зв'язок між мікробіотою твердого сиру Parmigiano Reggiano зі швидкістю протеолізу, що відбувається під час дозрівання, що є причиною цінних і високоякісних характеристик сирів тривалого дозрівання. Дослідження показало, що мікробіота сирого молока для різних проб з різних молокозаводів була досить схожою на рівні сиру. Коли час дозрівання збільшувався, мікробний склад сирів змінювався, виявляючи значні відмінності між пробами сиру при ранньому дозріванні (1 і 2 місяці) і пізньому (7 і 9 місяців). Вони були віднесені до видів незаквасочних мікроорганізмів, які більше корелюють з різними пептидними профілями та значною різницею в кінетиці та активності протеолітичних ферментів. Це підкреслює критичну роль незаквасочних мікроорганізмів у протеолізі стиглого сиру. Крім того, потенційне використання кількох пептидів як індикаторів специфічного мікробного складу дозволяє зберегти та валоризувати специфічність сиру та зв'язок із місцем його виробництва, таким чином визначаючи його автентичність [27].

Хімічні реакції, що відбуваються на поверхні сиру під час дозрівання, не менш важливі, ніж у його серцевині. Вони не лише змінюють структуру сиру та формують смакові відтінки, які надають йому виразного характеру, а також створюють додатковий захисний шар, необхідний для зберігання вологи під час дозрівання сирів. Крім того, під час дозрівання сирів поверхнева мікробіота швидко росте і розмножується, а мікроорганізми, що залишаються, мають інгібіторні властивості, які перешкоджають патогенним харчовим бактеріям або цвілі, які виробляють мікотоксини, колонізувати сир. Численні ферменти можуть ініціювати хімічні реакції, які можуть походити від натуральних молочних ферментів, екстракту сичужного ферменту, що використовується у виробництві, або вироблених бактеріями, які пережили пастеризацію, або внесені під час виробництва чи дозрівання.

У процесі дозрівання сирів важливу роль відіграють також умови в яких ростуть і розмножуються патогенні бактерії, які визначають безпечність харчових продуктів. Підвищення величини рН кірки сиру під час дозрівання

полегшує ріст і виживання патогенних мікроорганізмів, у тому числі *Listeria monocytogenes* і *Escherichia coli*, що продукує шига-токсин. Розуміння того, як чисельність колоній цих видів мікроорганізмів контролюється в процесі дозрівання, є ключовим фактором безпеки цих сирів. Крім домінуючих колоній мікроорганізмів є кілька субдомінантних видів, які переважають на поверхні цих сирів і спеціально не інокуються як частина первинної закваски або культури вторинного дозрівання. Роль середовища для виробництва сиру, включаючи різні зони на сироварні та полицях та камерах для дозрівання, досить важлива у розповсюдженні цих видів і підтримці безперервного джерела інокуляції, а отже для забезпечення чисельності як корисних, так і мікроорганізмів, які спричиняють псування сирів [66].

У той час як умови навколишнього середовища та технологічні умови можуть визначати спільне виникнення та взаємне виключення між бактеріями та грибами, мікробна взаємодія як трофічна, так і нетрофічна пояснює, чому деякі з цих взаємозв'язків систематично виникають у сирах із різних географічних зон, що надає їм автентичності. Окрім непрямих взаємодій мікробіоти, зокрема знекислення поверхні сиру через ріст дріжджів або плісняви, відомо, що існує декілька прямих взаємодій [102].

Конкуренція між мікроорганізмами може демонструвати їх взаємодію в динаміці на поверхні сиру з кіркою, яка формується. Рухливі протеобактерії такі як *Serratia proteamaculans* можуть використовувати мережу гіфів, утворену грибами, такими як *Mucor lanceolatus*, для поширення: рухливі клітини рухаються вздовж водяної плівки на слабкому утворенні гіфів грибом, щоб розсіятися на поверхні сиру, таким чином колонізуючи більшу площу [133].

Взаємодії мікроорганізмів у сирах можуть вимагати більш-менш тісного контакту між ними, а деякі з них відбуваються за допомогою летких сполук. Було показано [37], що леткі сполуки, що виробляються пліснявою, виділеною з сирів із блідою чи митою шкіркою (*Galactomyces geotrichum*, *Debaryomyces hansenii*, *Penicillium* sp., *Scopulariopsis* sp., *Fusarium domesticum*), сильно

стимулюють або пригнічують ріст протеобактерій (причому *Vibrio* сильно стимулюється, а *Pseudomonas* часто пригнічується), що пояснює наявність великої кількості цих видів на кірці сиру.

Складні мікробні асоціації, що знаходяться в сирому козиному молоці, перетворюють його компоненти, головним чином вуглеводи та білки, на вторинні продукти та/або субстрати, які стимулюють ріст і метаболізм не лише бактерій та плісневих грибів, але й представників членистоногих, зокрема павукоподібних – кліщів [25]. Останнє характерно для сирів з витримкою понад 6 місяців і більше. Це призводить до постійної реструктуризації видового складу мікробіоти та накопичення метаболітів бактерій, плісневих грибів і кліщів, таких як жирні кислоти, леткі органічні сполуки, аміни, кетони, вільні амінокислоти, феноли, спирти, альдегіди, лактони та сполуки сірки, що змінює сенсорні характеристики сиру, його структуру і дієтичні властивості [100].

З іншого боку, таке поєднання на різних стадіях дозрівання сирів різних видів мікробіоти [6] і представників тваринного походження, зокрема кліщів, спричиняє накопичення їх метаболітів, що може слугувати причиною виникнення алергій і інших проблем зі здоров'ям споживача [45]. Тому нині більшість комерційних і великих сироварень проводять пастеризацію молока, щоб стандартизувати його якість та зменшити мікробну контамінацію [[141]. На відміну від цього, значна частина крафтових сирів виробляється з використанням сирого козиного молока [135]. Це має свої переваги, оскільки дозволяє зберігати високий рівень мікробного біорізноманіття, що діє на всіх етапах процесу виробництва і дозрівання сиру, створює йому унікальний смак і аромат.

Виробництво козиного молока на дрібних фермерських підприємствах є найбільш оптимальним, оскільки знижує екологічне навантаження на навколишнє середовище і є елементом концепції One-Health таким чином забезпечуючи гармонійне поєднання збереження здоров'я тварин, людини і навколишнього середовища. З цієї позиції оцінка чисельного і видового

складу біоти, що властива крафтовим сирам з сирого козиного молока тривалого терміну дозрівання, є важливим інструментом відповідності One-Health. Крім того, вона визначає харчову та нутрицевтичну цінність козиних сирів для споживачів.

Виявлення акаридних кліщів у сирах тривалого терміну дозрівання часто розглядається як контамінація комірними шкідниками, небезпечними для здоров'я людини [11]. Однак їх використання для дозрівання сиру є давньою традицією, яка найчастіше практикується на сироварнях Франції та Німеччини. Кліщів ряду Astigmata родини Acaridae *Tyrolichus casei* (Oudemans, 1910) використовуються для виробництва сирів Mimolette та Artisan (Франція), а також для виробництва Würchwitzer Milbenkäse (Німеччина) [148]. Крім них, в сирах та інших харчових продуктах виявляють ряд інших видів кліщів родини Acaridae: *Acarus siro* (Linnaeus, 1758), *A. farris* (Oudemans, 1905), *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781); родини Glycyphagidae: *Lepidoglyphus destructor* (Schrank, 1781), *Glycyphagus domesticus* (De Geer, 1778), *Gohieria fusca* (Oudemans, 1902) і родини Chortoglyphidae – *Chortoglyphus arcuatus* (Troupeau, 1879). Види, які представляють промисловий інтерес, відомі як харчові кліщі з підкласу Acari, ряду Astigmata.

Окрім появи нових смаків сиру, досліджень про хімічні, фізичні та мікробні зміни, які відбуваються в сирі під час дозрівання з участю кліщів немає. Відомо, що в сирах, які дозрівають з використанням кліщів, розвивається горіховий чи фруктовий смак і аромат. Дослідження сирної кірки показало наявність нералу, що виділяється кліщем *Tyrolichus casei*, і є основною сполукою, що відповідає за лимонний смак сирів, дозрілих з участю кліщів, а не за рахунок ферментації компонентів самого сиру. Опистонотальні залози акаридєвих кліщів Astigmata містять також монотерпени, ароматичні, аліфатичні та інші леткі сполуки. Деякі з цих сполук діють як феромони та мають фунгіцидну дію. Сполуки, що утворюються в організмі кліщів, не виділяються безпосередньо в сири під час дозрівання, оскільки вони не були

виявлені в запахах сирів Artisou і Cantal vieux після видалення кліщів. Однак під час споживання кірки сиру, ураженої кліщами, можна відчутти її лимонний смак [149].

Багато з вищезазначених видів кліщів є звичайними шкідниками та заражають сири, що зберігаються в камері дозрівання значної кількості сироварень Північної Америки та Європи. Вони можуть розмножуватись за температури вище 4°C і відносної вологості 60%, що є звичайними умовами в камерах зберігання та дозрівання сирів і ускладнює запобігання зараженню [105].

Більшість досліджень, направлених на визначення мікробного складу напівтвердих і твердих сирів, проведені на сирах, виготовлених з коров'ячого молока, або його різних купажів з іншими видами молока [104]. Мікробіологічних досліджень твердих сирів з козиного непастеризованого молока терміном дозрівання 12 і 24 місяці в літературі незначна кількість і вони не розкривають динаміку зміни мікробної асоціації під час дозрівання сирів, а також участі в цьому процесі сирних кліщів.

1.4. Заключення з огляду літератури

Виробництво сиру – це складний процес, який залежить від якості молока-сировини і технології його виготовлення. У всьому світі виробництво сирів постійно вдосконалюється, а їх асортимент розширюється. Сири можна виробляти з використанням різних джерел молока, методів обробки, заквасок, коагулянтів та умов дозрівання, що породжує велику кількість варіантів із великою різноманітністю з точки зору текстури, смаку та форми. При цьому слід відмітити, що одними з найбільш цінних сирів є тверді сири з козиного непастеризованого молока, які є синонімом харчової насолоди в усьому світі.

Деякі сири в країнах західної Європи, Африки та Америки мають захищену назву, яка визначає їх автентичність і забезпечує пріоритет на ринку крафтових сирів, що як правило мають унікальну технологію виробництва, або

виробляються з молока худоби аборигенних порід з використанням спеціальних високогірних пасовищ, чи дозрівають в сирних печерах.

Дозрівання сиру (старіння або дозрівання) є найважливішою стадією в технології сиру, яка встановлює каскад складних біохімічних етапів, продукуючи широкий спектр мікробної флори та різних летких сполук. Це критичний етап, під час якого сир набуває твердість, аромат, смак та інші специфічні характеристики. Дозрівання відбувається за умов температури та вологості, які відрізняються залежно від типу сиру. Чим довше сир дозріває, тим менше він зберігає вологи, стає твердішим і міцнішим на смак.

Цитрат, що залишився в сирі, метаболізується деякими цитрат-позитивними молочнокислими бактеріями, які забезпечують синтез різноманітних смакових сполук, включаючи ацетоїн, ацетат, діацетил, 2-бутанон та 2,3-бутандіол.

На розвиток смакових і інших сенсорних характеристик сиру суттєво впливають умови дозрівання, особливо фактор часу. Кожен сорт сиру має окрему летку хімічну речовину зі змінною концентрацією та смак, який можна виміряти за допомогою різноманітних методологій, розрахункових і описових підходів.

Виробництво крафтових сирів з козиного молока має свої особливості, які включають породу кіз, умови їх утримання, годівлі і догляду, а використання непастеризованого молока передбачає визначення фізико-хімічних та мікробіологічних характеристик твердих сирів протягом періоду дозрівання.

Детальна характеристика динаміки фізико-хімічних та мікробіологічних показників крафтових твердих козиних сирів дозволить визначити натуральність, автентичність та корисність для здоров'я людини.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися впродовж 2022–2026 року на базі кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А.К. Скороходька факультету ветеринарної медицини Національного університету біоресурсів і природокористування України та Еко Ферми «Журавка» Київської області.

Мікробіологічні дослідження проведені в Закарпатській регіональній державній лабораторії Держпродспоживслужби, м. Ужгород, а також ТОВ "Експертний Центр "Біолайтс", м. Тернопіль.

Для досліджень виготовлено дві партії крафтових сирів з козиного непастеризованого молока: Качотта та Канестрато по 20 головок кожна середньою масою 2.3-2.5 кг в умовах Еко Ферми «Журавка» Київської області. Молоко для виробництва сирів було отримано від кіз англо-нубійської породи.

Раціон годівлі кіз складався з концентрованих, соковитих та грубих кормів залежно від сезону року.

Таблиця 2.1

Склад раціону годівлі лактуючих кіз, %

Склад	Вміст компонентів, %
Кукурудза дроблена	28,6
Ячмінь дроблений	22,54
Овес	15,56
Висівка пшенична	7,4
Макуха соняшникова	12,9
Макуха соєва	3,8
Макуха льняна	3,2
Насіння соняшника	6,0

Добова доза зерносуміші (табл. 2.1) становить 800 г на голову, сіна лучного з різнотрав'я – 3,5 кг на голову, Премікс Молкам «Коза дійна» – 10-40 г на голову залежно від надою молока, а в теплий період року – випасання на природному пасовищі 2-2,5 години на добу.

Технологія виготовлення сиру Качотта

Виготовляли сир Качотта з непастеризованого козиного молока нагрітого до температури 37°C. Для цього сиру використано закваску молочнокислих бактерій MA 4001 (Danisco France SAS, Франція). Склад закваски: *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *L. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*. Вносили закваску на поверхню молока, перемішували і залишали на 45–60 хвилин, підтримуючи температуру 37°C. Рідкий сичужний фермент Rennet Liquid 92/8 (Pamir Service, Київ, Україна) при постійному помішуванні розподіляли по всьому об'єму молока.

Після цього молоко залишали на 35–40 хвилин для згортання та нарізали згусток на кубики розміром 1,5–2,0 см. Після нарізки повільно та ретельно перемішували сирне зерно протягом наступних 25 хвилин, підтримуючи температуру в межах 37–39°C. Зливали сироватку настільки, щоб її шар лише покривав поверхню сирного зерна, викладали у форму і створювали для сиру теплу камеру (stufatura). Для цього в ємкості над поверхнею води нагрітою до температури 47°C розміщували форму з сиром, підтримуючи температуру в межах 32–38°C протягом 1–1,5 годин, тим самим забезпечуючи необхідні умови для ферментативної активності термофільних стрептококів. Виймали сир із камери та залишали його для охолодження у формі при кімнатній температурі протягом 2–3 годин, перевертаючи кожні півгодини. Після цього на 8–10 годин викладали сир із форм на дренажний килимок у холодильник. Здійснювали посол сиру 25%-им розчином кухонної солі з розрахунку ~ 3–4 години на 500 г сиру.

Після посолу сир виймали і розміщували у камері для дозрівання з температурою 12–15°C та вологістю 85–90% на 24 місяці.

Технологія виготовлення сиру Канестрато

Сир Канестрато виготовлено з непастеризованого козиного молока, яке повільно нагрівали до температури 32°C. Для цього сиру використано термофільну закваску TA 45 (Danisco France SAS, Франція). Склад закваски: *Streptococcus thermophilus*. Додавали в молоко закваску, добре перемішували, розподіляючи культуру по всьому об'єму. Рідкий сичужний фермент Rennet Liquid 92/8 (Pamir Service, Київ, Україна) при постійному помішуванні розподіляли по всьому об'єму, залишаючи на 45 хвилин для згортання молока. Щільний і блискучий молочний згусток різали на однакові дрібні кубики розміром 5–7 мм. Після цього перемішували масу спеціальним вінчиком для подрібнення шматків і залишали сирне зерно на 10 хвилин для осадження. Після осадження нагрівали його до температури 46°C, зливали сироватку і викладали сир в форму під прес на 15 хвилин.

Після пресування сир у формі занурювали в сироватку з температурою 65–71°C і залишали на охолодження протягом 24 годин при кімнатній температурі, перевертаючи його через 12 годин. З сироватки, що залишилася, готували 20%-й розсіл і солили в ній сир протягом 24 годин. Після посолу сир закладали в камеру дозрівання за температури 12–15°C і вологості 80–85% на 12 місяці.

Головки сирів Качотта і Канестрато мили водою з артезіанської свердловини починаючи з 6-тимісячного терміну дозрівання залежно від інтенсивності інвазії кліщем *Acarus siro* один раз у 2–3 місяці.

2.1. Схема і умови проведення дослідів

Для досягнення мети було проведено два етапи досліджень, які включали 3 досліді (рис. 2.1).

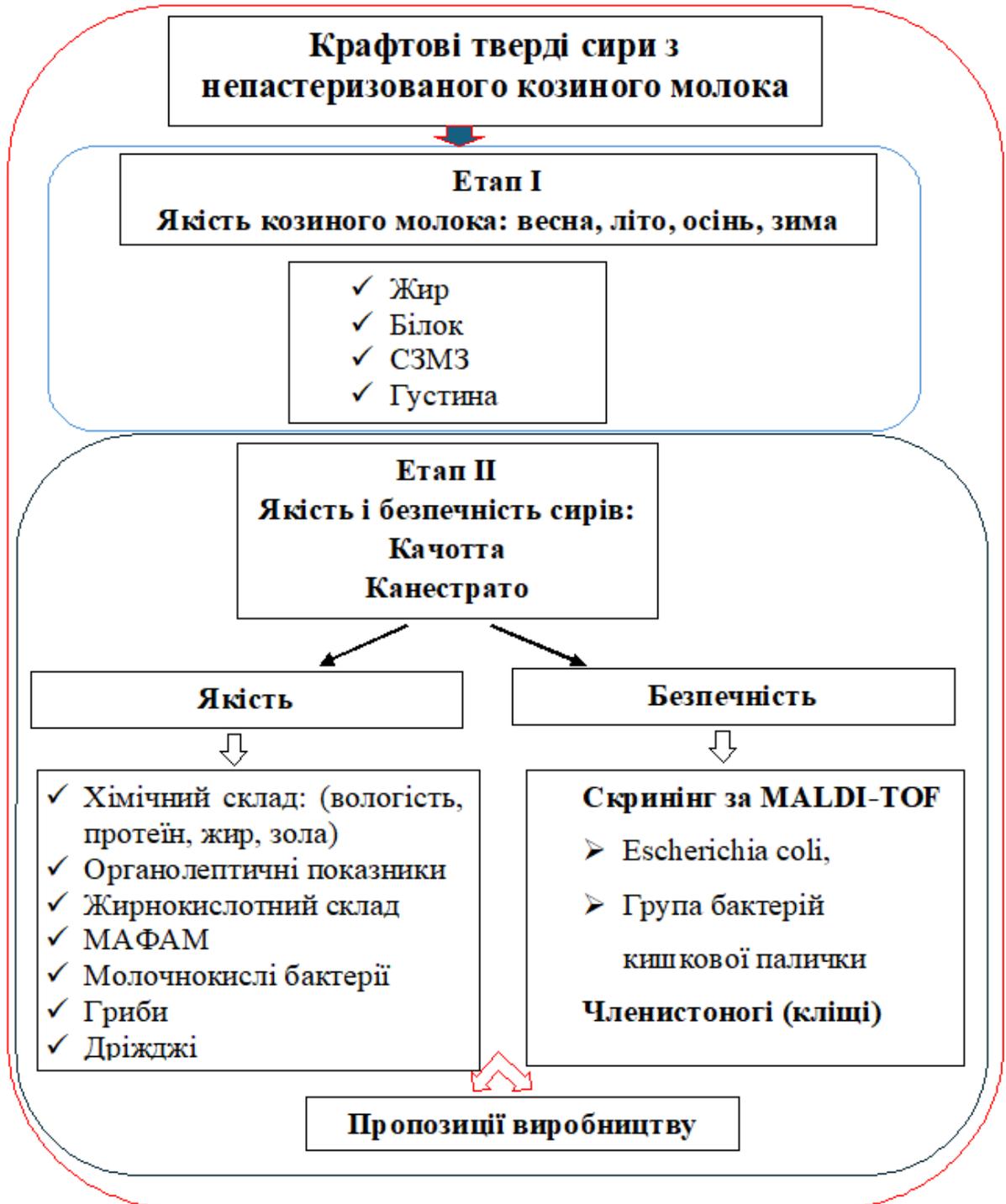


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Метою **першого етапу** досліджень було визначити якість козиного молока-сировини для виробництва твердих сирів. Проби молока відбирали від кіз англо-нубійської породи весною, літом, осінню і зимою по 6 індивідуальних проб масою 500 г (рис. 2.1). Молоко охолоджували і в той же день досліджували показники якості.

Метою **другого етапу** досліджень було визначити якість та безпечність твердих крафтових сирів Качотта і Канестрато з непастеризованого козиного молока в процесі дозрівання. Проби сирів відбирали у періоди дозрівання, які користуються найбільшим попитом серед споживачів.

Обидва сири досліджували за показниками хімічного складу, органолептичних та фізичних показників, вмісту жирних кислот та якості ліпідів, а також мікробіологічних характеристик.

В **першому досліді** визначали показники якості та безпечності твердого сиру Качотта залежно від терміну дозрівання. Для дослідження відбирали середні проби з 5 головок сиру Качотта на стадіях дозрівання: 10 діб, 1 місяць, 12 місяців і 24 місяці масою по 200 г кожна.

В **другому досліді** визначали показники якості та безпечності твердого сиру Канестрато залежно від терміну дозрівання. Для дослідження відбирали проби з 5 головок сиру Канестрато на стадіях дозрівання: 10 діб, 3 місяці, 6 місяців і 12 місяців масою по 200 г кожна.

2.2. Методи досліджень

2.2.1. Дослідження хімічного складу молока і твердих сирів.

Визначення якості козиного молока. Показники якості козиного молока, зокрема вміст жиру, білку, сухого знежиреного молочного залишку і густину визначали з використанням портативного аналізатора молока ЕКОМІЛК АКМ-98 (Болгарія).

Визначення вмісту вологи і сухої речовини у сирах.

Вміст води і сухої речовини в сирах визначали згідно ДСТУ 8552:2015 [189]. Для цього брали наважку сиру масою 5 г і висушували у сушильній шафі SESH ZMU (Olis LLC, Україна) до постійної маси за температури $102 \pm 2^\circ\text{C}$. Вміст сухої речовини в сирі визначали за формулою 2.1:

$$C = \frac{m_1 - m_0}{m - m_0} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де m_0 – маса бюкси з піском і скляною паличкою, г;

m – маса бюкси з піском, скляною паличкою і наважкою досліджуваної проби до висушування, г;

m_1 – маса бюкси з піском, скляною паличкою і наважкою досліджуваної проби після висушування, г;

100 — коефіцієнт перерахунку у відсотки.

Вміст води у сирах розраховували за наступною формулою 2.2:

$$W = 100 - C, \%, \quad (2.2)$$

де W – вміст води, %;

C – масова частка сухої речовини, %.

Визначення вмісту білку в сирах. У сирі визначали вміст протеїну методом К'ельдаля, мінералізацію проб проводили з використанням дигестора для вологої мінералізації SpeedDigester K-439 (DONAU LAB, Moldova) ДСТУ ISO 8968-3:2005 (IDF 20-3:2004) [192]. Для відгонки аміаку використовували автоматичний апарат для перегонки з паром за К'ельдалем KjelFlex K-360 (DONAU LAB, Moldova). Вміст протеїну в сирі визначали розрахунковим методом. Суть методу полягає на мінералізації проби сиру у концентрованій сірчаній кислоті з наступною відгонкою аміаку, концентрація якого

визначається титриметрично. Вміст протеїну в сирах розраховували за формулою 2.3:

$$K = 0,0028 \frac{V \cdot 6,25}{M} 100, \quad (2.3)$$

де K – масова частка білку в пробі, %;

0,0028 – маса азоту, яка відповідає 1 см³ розчину соляної кислоти 0,2 моль/дм³, г;

V – об'єм 0,2 моль/дм³ розчину соляної кислоти, витраченої на титрування, см³;

M – маса сиру, г;

6,25 – коефіцієнт для перерахунку азоту в білок;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

Визначення вмісту жиру в сирах

Визначення вмісту жиру в сирах проводили методом Гербера ДСТУ ISO 2446:2019 [190]. Метод ґрунтується на здатності молочного жиру відділятися у бутирометрі шляхом центрифугування після розчинення білка сірчаною кислотою. Для проведення вимірювання додавали незначну кількість ізоамілового спирту. Використовуючи градування бутирометра проводили визначення вмісту жиру у пробі.

Визначення вмісту золи в сирах

Масову частку золи в сирі визначали методом спалювання проб у муфельній печі Nabertherm L9 (Germany). Вміст жиру в сирі визначали методом Гербера. Визначення масової частки золи у пробах сирів ґрунтується на спалюванні органічної частини ДСТУ ISO 936:2008 [193]. Озолення проб сирів проводили у фарфорових тиглях з використанням муфельної печі за температури 500-800°C.

Вміст мінеральних речовин (золи) в пробах сирів, визначали з використанням формули 2.5:

$$C = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де C – масова частка золи, %;

де m_0 – маса тигля, г;

m_1 – маса тигля з наважкою сиру, г;

m_2 – маса тигля з золою, г.

Визначення твердості сирів

Твердість сирів визначали розрахунковим методом: як відношення маси вологи в наважці сиру до різниці між масою наважки і масою жиру в наважці, яку виражали у % ДСТУ 6003:2008 [184]. Твердість сирів визначали за формулою 2.6:

$$T_c = \frac{m_v}{m_c - m_{ж}} \cdot 100, \% \quad (2.6)$$

де T_c – твердість сиру, %

m_v – маса вологи в наважці сиру, г,

m_c – маса наважки сиру, 100 г,

$m_{ж}$ – маса жиру в наважці сиру, г

2.2.2. Визначення вмісту жирних кислот і якості ліпідів твердих сирів

Визначення масової частки жирних кислот у сирах

Екстракцію ліпідів з сирів проводили за методом Folch et al. (1957) [50]. Гідроліз та метилювання жирних кислот ліпідів, отриманих з проб сирів проводили за Christie (1982) [33]. Аналіз метилових ефірів жирних кислот виконано на газовому хроматографі Trace GC Ultra (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA, 2008) з полум'яно-іонізаційним детектором та інжектором з

програмуванням температури на високополярній капілярній колонці SPTM-2560 (Supelco, Сент-Луїс, США, 2018), довжиною 100 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм, товщиною нерухомої фази 0,20 мкм.

Умови хроматографування: температура колонки 140–240°C, температура детектора 260°C. Пробу у хроматограф вводили за допомогою автосамплера TriPlus (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA, 2008) в об'ємі 1 мкл. Тривалість аналізу складала 65 хв.

Ідентифікування жирних кислот проводили за допомогою стандартного зразка Supelco 37 Component FAME Mix (Supelco, Сент-Луїс, USA, 2023). Кількісну оцінку спектру жирних кислот ліпідів сирів здійснювали методом внутрішньої нормалізації, визначаючи їх вміст у відсотках. Дослідження проводили у 3-х паралелях. У сирах визначали наступні жирні кислоти: масляна (C4:0), капронова (C6:0), каприлова (C8:0), капринова (C10:0), гендеканова (C11:0), лауринова (C12:0), тридеканова (C13:0), міристинова (C14:0), мірестолейнова (C14:1), пентадеканова (C15:0), пентадеценнова (C15:1), пальмітинова (C16:0), пальмітолейнова (C16:1), гептадеканова (C17:0), цис-10-гептадеценнова (C17:1), стеаринова (C18:0), олейнова (C18:1 ω 9), лінолева (C18:2 ω 6), ліноленова (C18:3 ω 3), арахінова (C20:0), цис-11-ейкозанова (C20:1 ω 9), ейкозатрієнова (C20:3 ω 3).

Визначення якості ліпідів сирів

Для визначення в сирах якості ліпідів розраховували Δ^9 десатуразний індекс (C₁₄) за формулою 2.7 [28]:

$$\Delta^9 \text{ десатуразний індекс (C}_{14}\text{)} = \text{C}_{14:1} / (\text{C}_{14:1} + \text{C}_{14:0}) \quad (2.7)$$

Він є найкращим показником цієї активності, оскільки весь C_{14:0} у молочному жирі залежить від синтезу в молочній залозі.

Ще один параметр, який має біологічний інтерес, представляє індекс атерогенності (ІА), який характеризує атерогенність харчових жирів [120, 166]. Для цього використовували формулу 2.8:

$$IA = [C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0]/(МНЖК + ПНЖК) \quad (2.8)$$

Вміст гіпохолестеринемічних (бажаних) жирних кислот (БЖК) в сирах розраховували за формулою 2.9 [103]:

$$БЖК = МНЖК + ПНЖК + C18:0 \quad (2.9)$$

Для розрахунку вмісту гіперхолестеринемічних жирних кислот (ГЖК) використано формулу 2.10 [103]:

$$ГЖК = C12:0 + C14:0 + C16:0 \quad (2.10)$$

Співвідношення гіпохолестеролемічні/гіперхолестеролемічні (Б/Г) розраховували за формулою 2.11 [76]:

$$Б/Г = (C18:1n - 9 + C18:2n - 6 + C18:3n - 3)/(C12:0 + C14:0 + C16:0) \quad (2.11)$$

2.2.3. Визначення мікробіому твердих сирів

Дослідження чисельності мікроорганізмів у сирах

Для визначення чисельності мікроорганізмів, плісневих грибів і дріжджів готували послідовні десятиразові розведення в стерильному фізіологічному розчині. Кількість мікроорганізмів визначали в колонієутворюючих одиницях (КУО), результати виражали в Іг КУО/г. Родову і видову ідентифікацію виділених мікроорганізмів проводили відповідно до чинних методик ДСТУ 7963:2015 [187].

Ідентифікацію видового складу мікроорганізмів у сирах проводили з використанням методу MALDI-TOF, суть якого полягає в тому, що детектор визначає час прольоту іонізованих рибосомальних білків мікроорганізмів, перетворює цю інформацію в спектр молекулярних мас (мас-спектр), який

далі порівнюється із спектрами з унікальної бази даних [151]. Для мікробіологічних досліджень використовували мас-спектрометр Bruker Daltonics, Maldi Tof microflex (Bruker Daltonics, Німеччина).

Для визначення кількості МАФМ використовували середовище Plate count agar M091 (HiMedia, India) ДСТУ 7354:2013 [186]. Для виділення та кількісного підрахунку бактерій родів *Lactobacillus* і *Leuconostoc* – Lactobacillus MRS Agar M641, (HiMedia, India) ДСТУ 7999:2015 [188], для виділення *Bacillus cereus* – *Bacillus cereus* (Селективний agar) M833 (HiMedia, India), ентеробактерій – Endo Agar (HiMedia, India), для *E. coli* і бактерій групи кишкової палички – середовища Gissa's (HiMedia, India), Kessler (HiMedia, India), Endo Agar (HiMedia, India), Simmons Agar (HiMedia, India), Xylose Lysine Deoxycholate agar (HiMedia, India) ГОСТ 30518-97 [183], для виділення дріжджів, плісневих грибів – Sabouraud Agar (HiMedia, India) ДСТУ ISO 7954:2006 [191].

Виявлення та ідентифікація кліщів у сирах

Для виявлення та ідентифікації членистоногих, зокрема кліща *Acarus siro* використовували зрізи товщиною 3–4 мм з кірки сирів Качотта і Канестрато віком 24 і 12 місяців. Мікроскопію сирів здійснювали з використанням мікроскопа Micromed Evolution ES-4140 з фотонасадкою (Ningbo Shenghen Optics & Electronics Co., Ltd, Болгарія). Ідентифікацію кліщів здійснювали за описом Melnyk et al. (2010) [105], Mullen & OConnor (2019) [110].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з використанням кореляційного та регресійного аналізів за допомогою програми ANOVA, дані в таблицях подано у вигляді $x \pm SD$ (середнє \pm стандартне відхилення). Різницю між групами вважали вірогідною з використанням тесту Тьюкі при $p \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Якість козиного молока залежно від сезону виробництва

Якість молока визначає його придатність до сироваріння і певною мірою залежить від умов утримання і годівлі кіз. Як показали результати досліджень вміст жиру, сухого знежиреного молочного залишку і білка в козиному молоці не залежало від сезону року (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Фізико-хімічна характеристика козиного молока, %, $x \pm SD$, n= 6

Показник	Сезон року			
	весна	літо	осінь	зима
Жир	5,59±0,85	5,23±0,95	6,78±1,06	5,56±1,66
СЗМЗ	8,16±0,98	8,65±0,25	9,31±0,36	9,11±0,80
Густина, г/см ³	1,026±0,017	1,027±0,009	1,029±0,010	1,028±0,002
Білок	3,02±0,11	3,07±0,10	3,34±0,14	3,25±0,31

Ключовими показниками для виробництва сирів є вміст жиру і білку в молоці, оскільки від їх рівня залежить структура і смакові характеристики твердих сирів. Крім того, молочний жир у процесі дозрівання твердих сирів піддається ліполізу і створює ароматичну композицію характерну для крафтового сиру.

Аналогічно до показників хімічного складу козиного молока його густина фактично не залежала від сезону виробництва. Коливання густини молока хоча й відбувалися протягом року, однак вони виявилися статистично не вірогідними під час порівняння.

3.2. Хімічний склад твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока

Вміст вологи в сирі Качотта на 10-ту добу та перший місяць дозрівання не відрізнявся, але на 12-й місяць її рівень знизився на 12,8% порівняно з даними на 10-й день і на 13,6% порівняно з даними на перший місяць (табл. 3.2). На 24-й місяць дозрівання у сирі Качотта відбулася ще більша втрата вологи, яка порівняно з 10-ю добою склала 19,3%, з першим місяцем – 20,1% і з 12-м місяцем – 6,0%.

Таблиця 3.2

Хімічний склад козиного сиру Качотта в процесі дозрівання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	1 місяць	12 місяців	24 місяці
Волога	44,44 ± 0,54 ^a	45,21 ± 1,51 ^a	31,60 ± 1,25 ^b	25,09 ± 0,56 ^c
Жир	26,96 ± 1,32 ^a	25,95 ± 0,76 ^a	34,98 ± 0,48 ^b	36,53 ± 0,65 ^b
Протеїн	23,76 ± 0,55 ^a	23,63 ± 0,71 ^a	28,18 ± 0,26 ^b	33,21 ± 0,43 ^c
Зола	3,45 ± 0,09 ^a	3,89 ± 0,09 ^b	3,94 ± 0,03 ^b	4,28 ± 0,07 ^c

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Вміст жиру у сирі Качотта вірогідно не відрізнявся в межах термінів дозрівання 10 діб і один місяць, а зі збільшенням терміну до 12-ти місяців відмічали підвищення його вмісту на 8,0% порівняно з 10-добовим і на 9,7% порівняно з терміном дозрівання один місяць. Рівень жиру у сирі Качотта досягав свого максимуму з 12-ти до 24-місячного віку. При цьому виявлено вірогідне збільшення вмісту жиру в сирі віком 24 місяці порівняно з терміном

дозрівання 10 діб – на 9,6%, а також порівняно з терміном дозрівання один місяць – на 10,6%.

Що стосується вмісту протеїну в сирі Качотта, то його коливання протягом періоду дозрівання були аналогічними до рівня сухої речовини: на 10-ту добу і перший місяць дозрівання його рівень не змінювався, а на 12-й місяць дозрівання зростав на 4,4%. Вміст протеїну в сирі Качотта на 24-й місяць дозрівання збільшувався порівняно з 10-добовим терміном на 9,4%, з терміном дозрівання один місяць – на 9,6% і порівняно з 12-місячним терміном – на 5,0%.

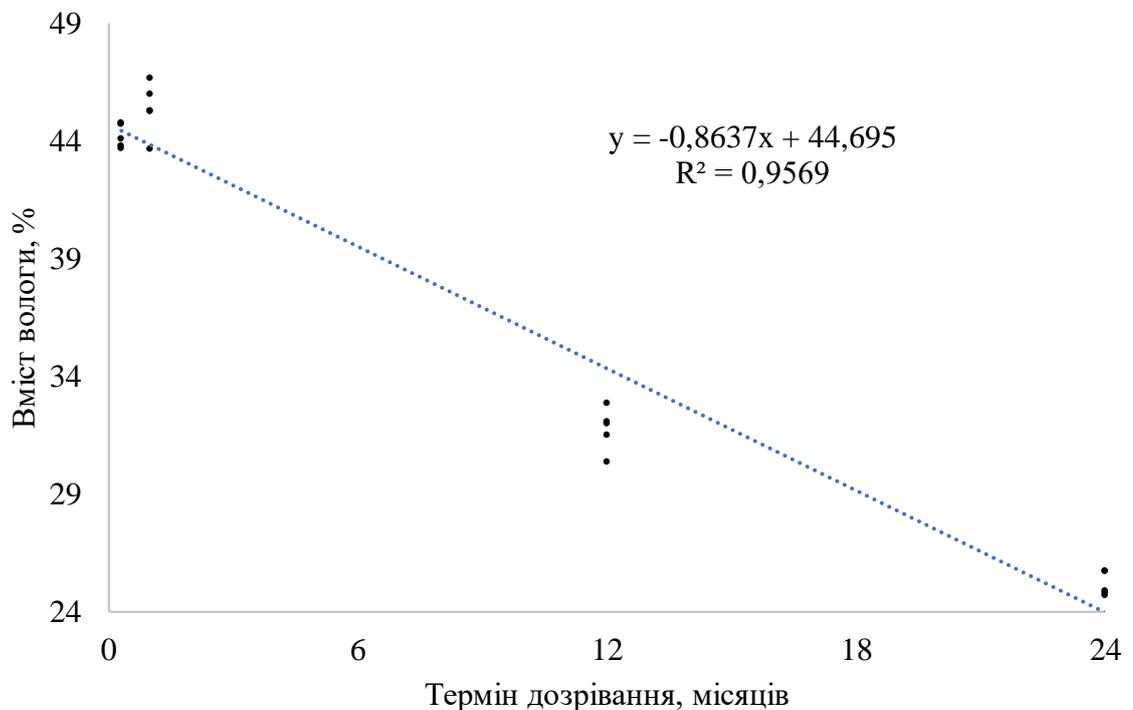


Рис. 3.1. Залежність вмісту вологи у сирі Качотта від терміну дозрівання, $n = 20$

Вміст золи у сирі Качотта також збільшувався зі збільшенням його віку: на 24-й місяць дозрівання виявлено вищий вміст золи на 0,8% порівняно з віком 10 діб, на 0,4% – порівняно з віком один місяць і на 0,3% – порівняно з віком 12 місяців.

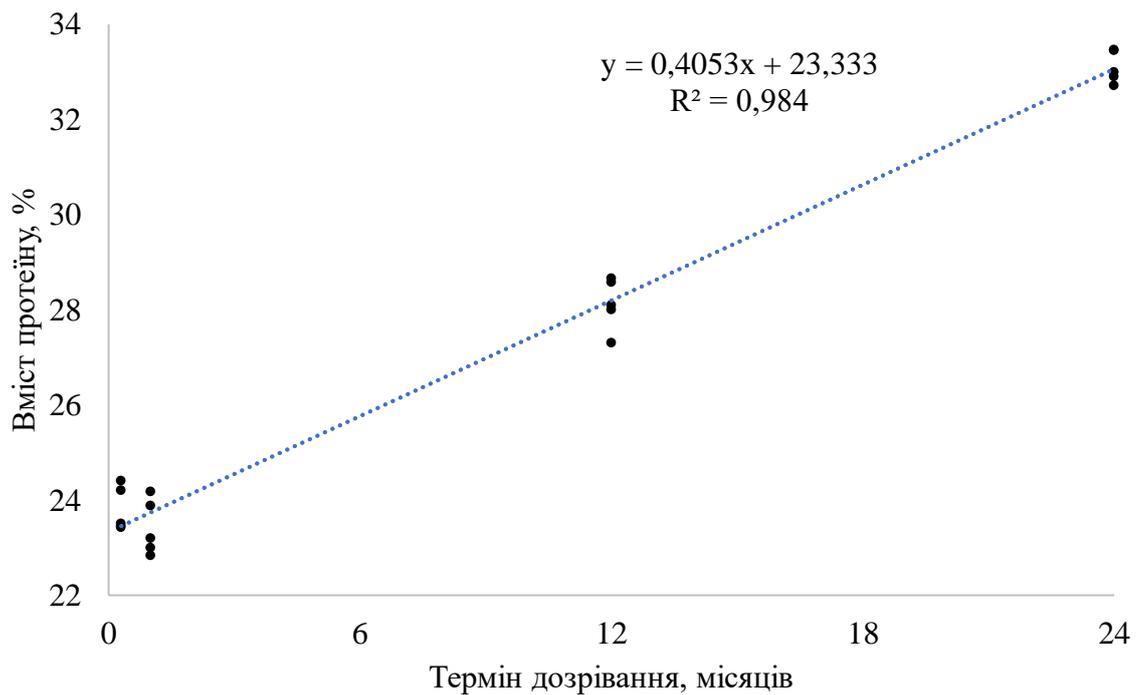


Рис. 3.2. Залежність вмісту протеїну у сирі Качотта від терміну дозрівання, $n = 20$

Кореляційний та регресійний аналіз свідчить, що вміст вологи у сирі Качотта мав сильну обернену залежність від терміну його дозрівання ($r = -0,977 \pm 0,097$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує, що між вмістом вологи і терміном дозрівання сиру Качотта існує лінійний обернений зв'язок (рис. 3.1). Виявлено також сильну пряму залежність між вмістом протеїну в сирі Качотта і терміном його дозрівання ($r = 0,991 \pm 0,103$, $P < 0,01$) і сильну обернену залежність між вмістом протеїну і вмістом вологи в сирі ($r = -0,978 \pm 0,092$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує прямий лінійний зв'язок між вмістом протеїну і терміном його дозрівання (рис. 3.2) і обернений лінійний зв'язок між вмістом протеїну і вмістом вологи в сирі Качотта (рис. 3.3).

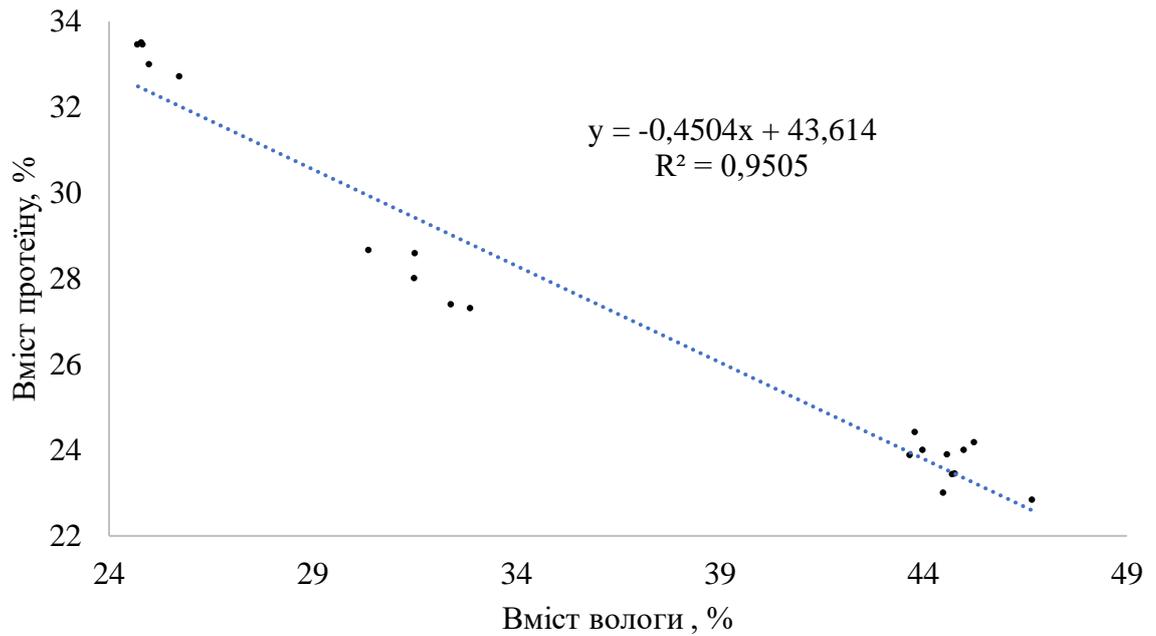


Рис. 3.3. Залежність вмісту протеїну від вмісту води у сирі Качотта в процесі дозрівання, $n = 20$

Вміст жиру і протеїну в сухій речовині сиру Качотта не залежав від терміну його дозрівання за винятком 24-го місяця, коли частка протеїну збільшувалась порівняно з 10-добовим терміном на 1,6% і порівняно з 12-тимісячним – на 3,1%. Співвідношення жиру до протеїну у сирі Качотта під час дозрівання протягом 10-ти діб, одного і 24-х місяців не відрізнялося між собою, але у віці 12 місяців відмічали його підвищення на 0,11 од. порівняно з віком 10 діб і на 0,14 од. порівняно з віком 24 місяці (табл. 3.3).

Твердість досягала свого максимального значення в молодому сирі Качотта (віком 10 діб і один місяць). Під час подальшого дозрівання сиру вона знижувалась: у віці 12 місяців на 12,2% порівняно з віком 10 діб і на 13,3% порівняно з віком один місяць. У віці 24 місяці твердість сиру Качотта була найнижчою і поступалась сиру віком 12 місяців на 9,1%, сиру віком 1 місяць – на 22,3% і сиру віком 10 діб – на 21,3%. Твердість сиру Качотта характеризувалась сильною оберненою залежністю від терміну його дозрівання ($r = -0,987 \pm 0,106$, $P < 0,01$).

Таблиця 3.3

Фізико-хімічні показники сухої речовини козиного сиру Качотта в процесі дозрівання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	1 місяць	12 місяців	24 місяці
Жир	48,50 ± 1,85 ^a	49,20 ± 0,85 ^a	51,14 ± 1,67 ^a	48,76 ± 0,51 ^a
Протеїн	42,76 ± 0,59 ^a	43,14 ± 0,92 ^{ab}	41,20 ± 0,52 ^a	44,33 ± 0,25 ^b
Співвідношення жир/протеїн	1,13 ± 0,031 ^a	1,14 ± 0,042 ^{ab}	1,24 ± 0,019 ^b	1,10 ± 0,009 ^a
Твердість	60,84 ± 0,34 ^a	61,88 ± 1,58 ^a	48,59 ± 1,69 ^b	39,53 ± 0,48 ^c

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Регресійний аналіз показав обернену лінійну залежність між твердістю сиру Качотта і терміном його дозрівання (рис. 3.4).

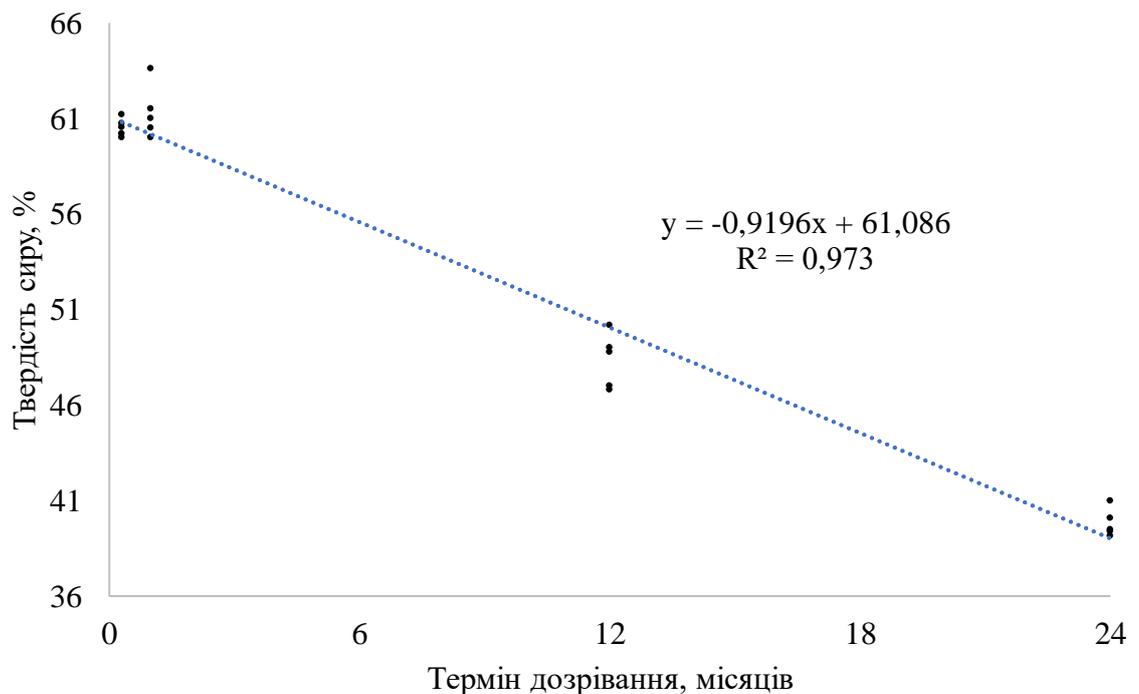


Рис. 3.4. Залежність твердості від терміну дозрівання сиру Качотта, $n = 20$

Сир Качотта дозрівав без штучного покриття, поверхня головок покрита кіркою молочного кольору, яка у сирі віком 10 діб мала рівну рельєфну поверхню і за кольором не відрізнялась від тіста (рис. 3.5 a, b). При розрізі головки сиру Качотта терміном дозрівання 10 діб відмічали пластичне однорідне тісто, вічка округлої, овальної і довільної форми і розмірів, розміщені неоднорідно по поверхні зрізу.

На розрізі сиру Качотта віком один місяць тісто пластичне, однорідне, вічка дрібні округлої, овальної і довільної форми, розташовані рівномірно по поверхні зрізу. З одномісячного віку кірка сиру Качотта набуває жовтого забарвлення, яка виділяється на тлі тіста (рис. 3.5 c, d).

Головки сиру Качотта віком 12 місяців мають бурштинове забарвлення кірки, на поверхні якої є сліди у вигляді дрібних пор з білувато-сірими відшаруваннями через пошкодження кліщем *A. siro*. На розрізі кірка тверда і чітко виділяється на тлі тіста сиру. Тісто сиру однорідне, злегка крихке, вічка довільної форми, сконцентровані більшою мірою в серцевині головки (рис. 3.5 e, f).

У віці 24 місяці сир Качотта мав кірку бурштинового забарвлення, яка місцями втратила рельєф поверхні і покрита крупними порами з білувато-сірими відшаруваннями і пластівцями внаслідок життєдіяльності кліща *A. siro*. На розрізі тісто сиру мало рівномірне забарвлення, крихке з вічками довільної форми нерівномірно розташованими на зрізі сиру (рис. 3.5 g, h).



a



b

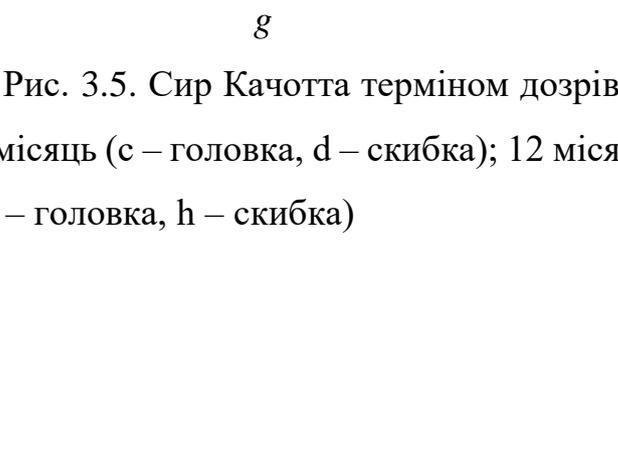
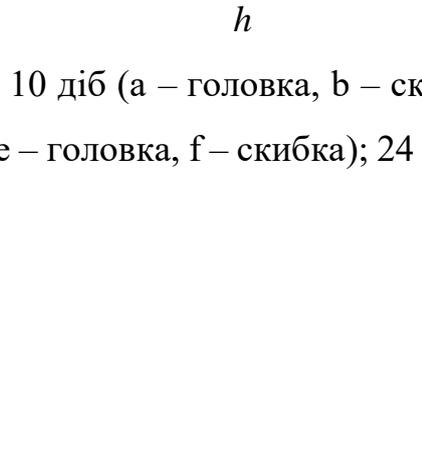
*a**b**c**d**e**f**g**h*

Рис. 3.5. Сир Качотта терміном дозрівання 10 діб (а – головка, б – скибка); 1 місяць (с – головка, д – скибка); 12 місяців (е – головка, ф – скибка); 24 місяці (г – головка, h – скибка)

Вміст вологи в сирі Канестрато під час дозрівання терміном від 10-ти діб до 6-ти місяців не змінювався. На 12-й місяць дозрівання частка вологи в сирі Канестрато знизилася порівняно з 10-тидобовим віком на 4,4%, з 3-хмісячним – на 3,5% і з 6-тимісячним – на 3,2% (табл. 3.4). Що стосується вмісту жиру у сирі Канестрато, то вірогідної різниці між сирами віком 10 діб, 3 місяці і 6 місяців не виявлено і лише в сирі віком 12 місяців частка жиру перевищувала аналогічний показник у сирі віком 10 діб на 3,8%.

Таблиця 3.4

Хімічний склад козиного сиру Канестрато в процесі дозрівання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	3 місяці	6 місяців	12 місяців
Волога	37,94 ± 0,29 ^a	37,07 ± 1,31 ^a	36,78 ± 0,43 ^a	33,54 ± 0,39 ^b
Жир	30,82 ± 0,91 ^a	32,15 ± 0,80 ^{ab}	32,79 ± 1,57 ^{ab}	34,63 ± 0,51 ^b
Протеїн	25,65 ± 0,34 ^a	26,34 ± 2,10 ^a	24,50 ± 0,29 ^a	25,08 ± 0,11 ^a
Зола	4,15 ± 0,16 ^a	4,26 ± 0,13 ^a	3,97 ± 0,26 ^a	4,09 ± 0,12 ^a

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Термін дозрівання не впливав на вміст протеїну і золи в сирі Канестрато (табл. 3.4). Виявлено сильну обернену залежність вмісту вологи у сирі Канестрато від терміну його дозрівання ($r = -0,913 \pm 0,101$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує, що між вмістом вологи і терміном дозрівання сиру Канестрато існує лінійний обернений зв'язок (рис. 3.6).

Вміст жиру і протеїну в сухій речовині сиру Канестрато не залежав від терміну його дозрівання (табл. 3.5). Відповідно і співвідношення вмісту жиру до протеїну суттєво не залежало від його віку за винятком сиру терміном

дозрівання 12 місяців, де дане співвідношення було вищим на 0,18 од. порівняно з сиром на 10-ту добу дозрівання.

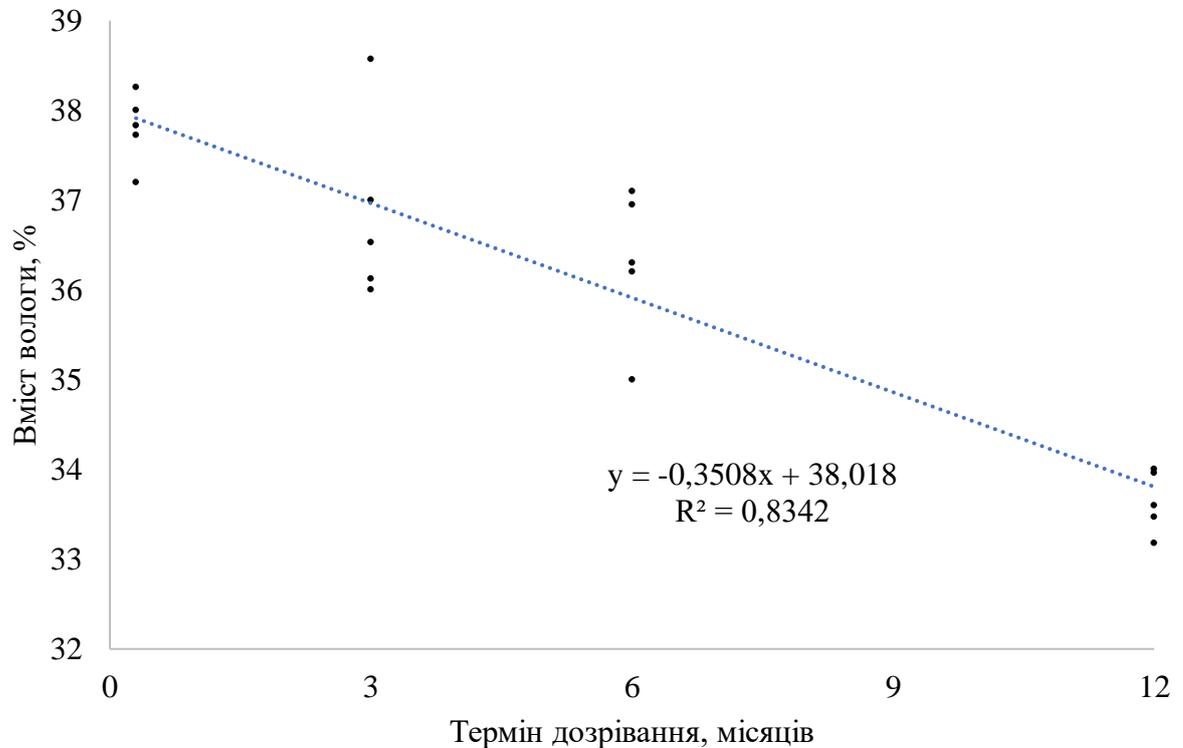


Рис. 3.6. Залежність вмісту вологи у сирі Канестрато від терміну дозрівання, $n = 20$

Виявлено зниження твердості сиру Канестрато зі збільшенням терміну дозрівання, зокрема на 12-й місяць на 3,5% порівняно з сиром віком 10 діб, на 3,3% – порівняно з сиром віком 3 місяці і на 3,4% порівняно з сиром віком 6 місяців.

Сир Канестрато дозрівав як і сир Качотта без штучного покриття головок. На 10-ту добу дозрівання поверхня головок сиру Канестрато покрита кіркою молочного кольору, мала рівну цілісну поверхню і не відрізнялася від кольору тіста (рис. 3.7 а, б). На розрізі головки сиру Канестрато віком 10 діб відмічали пластичне однорідне тісто з дуже дрібними поодинокими вічками округлої форми на поверхні зрізу.

Таблиця 3.5

Фізико-хімічні показники сухої речовини козиного сиру Канестрато в процесі дозрівання, $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$, %

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	3 місяці	6 місяців	12 місяців
Жир	49,66 ± 1,61 ^a	51,12 ± 2,30 ^a	51,87 ± 2,26 ^a	52,11 ± 0,52 ^a
Протеїн	41,33 ± 0,39 ^a	41,91 ± 4,25 ^a	38,75 ± 0,25 ^a	37,74 ± 0,09 ^a
Співвідношення жир/протеїн	1,20 ± 0,051 ^a	1,22 ± 0,067 ^{ab}	1,34 ± 0,039 ^{ab}	1,38 ± 0,024 ^b
Твердість	54,82 ± 0,31 ^a	54,66 ± 0,24 ^a	54,74 ± 0,41 ^a	51,31 ± 0,29 ^b

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Поверхня головок сиру Канестрато на третій місяць дозрівання покрита суцільною кіркою жовтого кольору, яка виділялася на розрізі від тіста сиру. В цей період дозрівання сир Канестрато мав характерне пластичне однорідне тісто, поодинокі дрібні вічка округлої і овальної форм, розташовані нерівномірно по поверхні зрізу (рис. 3.7 с, d).

Головки сиру Канестрато віком 6 місяців мали бурштинове забарвлення кірки. На розрізі кірка сиру тверда і чітко виділялася на тлі тіста. На поверхні кірки виявляли дрібні нерівномірно розміщені пори з жовтуватими відшаруваннями, які були ідентифіковані як пошкодження кліщем *A. siro*. Тісто сиру однорідне, злегка крихке, вічка округлої, овальної і довільної форми дрібного і середнього розміру, розміщені по всьому зрізу сиру (рис. 3.7 е, f).

Сир Канестрато у віці 12 місяців мав тверду кірку бурштинового забарвлення. Поверхні кірки мала характерні сліди життєдіяльності кліща *A. siro*, які проявлялись дрібними порами з білуватими відшаруваннями по

всьому периметру головки. На розрізі тісто сиру мало рівномірне забарвлення, злегка крихке з вічками довільної форми нерівномірно розташовані на зрізі сиру (рис. 3.7 г, h).

*a**b**c**d**e**f*



g



h

Рис. 3.7. Сир Канестрато терміном дозрівання 10 діб (а – головка, б – скибка); 3 місяці (а – головка, б – скибка); 6 місяців (е – головка, ф – скибка); 12 місяців (г – головка, h – скибка)

Отримані нами результати досліджень при аналізі сирів Качотта і Канестрато не суперечать даним отриманим іншими вченими, підкреслюють регіональні особливості виробництва сирів і доповнюють інформацію про динаміку фізико-хімічних процесів у старостиглих сирах з козиного непастеризованого молока крафтового виробництва.

3.3. Склад жирних кислот та якість ліпідів твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока

Низькомолекулярні жирні кислоти представлені в козиному сирі Качотта масляною, капроноюю і каприловою. Вміст капронової кислоти під час дозрівання сиру не змінюється, тоді як частка масляної і каприлової кислот в жирі сиру Качотта зростає на 24-й місяць дозрівання порівняно з молодим сиром (табл. 3.6), що узгоджується з досягненням піку їх загального вмісту в цей період (табл. 3.7).

Серед середньооланцюгових жирних кислот жиру сиру Качотта основними є пальмітинова, міристинова і капринова, які в сумі досягають понад 40% жирних кислот сиру.

Таблиця 3.6

Вміст жирних кислот в козиному сирі Качотта протягом терміну дозрівання (% від загального вмісту), $\bar{x} \pm SD$, $n = 5$

Кислота	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	1 місяць	12 місяців	24 місяці
1	2	3	4	5
Масляна, С 4:0	2,65 ± 0,06 ^{ab}	2,58 ± 0,13 ^a	2,86 ± 0,08 ^b	3,51 ± 0,16 ^c
Капронова, С 6:0	3,15 ± 0,05 ^a	2,83 ± 0,08 ^a	3,04 ± 0,02 ^a	3,32 ± 0,12 ^a
Каприлова, С 8:0	3,19 ± 0,03 ^{ab}	2,79 ± 0,12 ^a	3,07 ± 0,04 ^{ab}	3,39 ± 0,11 ^b
Капринова, С 10:0	10,01 ± 0,16 ^a	8,13 ± 0,13 ^b	11,20 ± 0,12 ^c	10,67 ± 0,51 ^{ac}
Гендеканова, С 11:0	0,11 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,03 ^b	0,39 ± 0,05 ^c
Лауринова, С 12:0	3,80 ± 0,11 ^a	2,81 ± 0,07 ^b	3,99 ± 0,23 ^a	4,80 ± 0,34 ^c
Тридеканова, С 13:0	0,05 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,06 ± 0,01 ^a
Міристинова, С 14:0	8,47 ± 0,19 ^a	6,79 ± 0,06 ^b	9,51 ± 0,17 ^c	8,69 ± 0,18 ^a
Міристолеїнова, С14:1	0,39 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	0,19 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,01 ^c
Пентадеканова, С15:0	0,77 ± 0,02 ^a	0,61 ± 0,01 ^b	0,78 ± 0,06 ^a	0,84 ± 0,05 ^a
Пентадеценнова, С15:1	0,19 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,02 ^b	0,05 ± 0,01 ^b
Пальмітинова, С16:0	21,77 ± 0,23 ^a	20,69 ± 0,29 ^b	22,54 ± 0,21 ^c	18,27 ± 0,18 ^d
Пальмітолеїнова, С16:1	0,49 ± 0,02 ^a	0,52 ± 0,04 ^a	0,97 ± 0,06 ^b	2,07 ± 0,12 ^c
Гептадеканова, С17:0	0,52 ± 0,03 ^a	0,55 ± 0,05 ^a	0,80 ± 0,07 ^b	0,85 ± 0,03 ^b

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5
Цис-10-гептадеценава, C 17:1	0,19 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,03 ^b	0,53 ± 0,05 ^c	0,66 ± 0,04 ^d
Стеаринова, C 18:0	16,85±0,15 ^a	18,61 ± 0,19 ^b	13,58±0,65 ^c	14,14±0,78 ^c
Олеїнова, C 18:1n9c	22,28±0,17 ^a	27,13 ± 0,41 ^b	21,86±0,34 ^a	22,07±0,18 ^a
Лінолева, C 18:2n6c	3,18 ± 0,06 ^a	3,17 ± 0,03 ^a	3,69 ± 0,09 ^b	4,29 ± 0,19 ^c
Арахінова, C 20:0	0,24 ± 0,02 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,03 ^b	0,29 ± 0,02 ^b
Цис-11-ейкозанава, C 20:1n9	0,90 ± 0,02 ^a	0,68 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
Ліноленава, C18:3n3	0,71 ± 0,03 ^a	0,79 ± 0,04 ^a	0,81 ± 0,09 ^a	1,54 ± 0,07 ^b
Ейкозатрієнова, C20:3n3	0,13 ± 0,02 ^a	0,18 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Рівень капринової і міристинової кислот характеризується найбільшими коливаннями в середині терміну дозрівання, тоді як в кінці – на 24-й місяць повертається до вихідного значення. Відмічено збільшення вмісту гендеканової і лауринової кислот на тлі зниження часток міристолеїнової, пентадеценової і пальмітинової кислот в кінці терміну дозрівання сиру Качотта. При цьому протягом всього терміну дозрівання сиру Качотта суттєвих змін не зазнавала концентрація тридеканової і пентадеканової кислот. Такі коливання вмісту середньоланцюгових жирних кислот в жирі сиру Качотта сприяють досягненню їх піку на 12-й місяць дозрівання (табл. 3.7).

Основними довголанцюговими кислотами журу сиру Качотта є олеїнова і стеаринова, які в сумі складають понад 35% вмісту всіх жирних кислот.

Найвищий вміст довголанцюгових жирних кислот у сирі Качотта зареєстровано на 1-й місяць дозрівання, що відбувається в основному за рахунок цис-10-гептадеценової, стеаринової, олеїнової і цис-10-ейкозанової кислот. Мінімальний вміст довголанцюгових жирних кислот у жирі сиру Качотта виявлено на 12-й місяць дозрівання, цьому сприяло зниження часток стеаринової та зникнення цис-11-ейкозанової та ейкозатрієнової кислот в жирі. На 24-й місяць дозрівання рівень довголанцюгових жирних кислот у жирі сиру Качотта зрівнявся з вихідним значенням на 10-ту добу.

Насичені жирні кислоти сиру Качотта представлені пальмітиною, стеариною, каприною і міристиною, які складають понад 55% всієї суми жирних кислот. Зниження частки капринової, міристинової, лауринової, пентадеканової і пальмітинової кислот на 1-й місяць дозрівання сиру Качотта забезпечує мінімальне значення загального вмісту насичених жирних кислот в жирі сиру. В подальший період дозрівання сиру Качотта коливання вмісту окремих насичених жирних кислот не впливає на їх частку в структурі жиру (табл. 3.7).

Основними ненасиченими жирними кислотами сиру Качотта були олеїнова і лінолева, сума яких досягала понад 25% всіх жирних кислот сиру. В жирі сиру Качотта протягом 1-місяця дозрівання відбувається збільшення частки ненасичених жирних кислот за рахунок мононенасичених жирних кислот, зокрема олеїнової, яка досягає свого максимуму в цей період.

Необхідно відмітити, що найбільший вміст поліненасичених жирних кислот у сирі Качотта реєструється на 24-й місяць дозрівання, що відбувається як за рахунок $\omega 3$ ПНЖК, так і $\omega 6$ ПНЖК, які представлені відповідно лінолевою і ліноленою кислотами.

Виявлено сильну пряму кореляційну залежність між Σ ПНЖК і терміном дозрівання сиру Качотта ($r = 0,951 \pm 0,096$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує зв'язок між Σ ПНЖК і терміном дозрівання сиру Качотта, який описується у вигляді поліному другого ступеня (рис. 3.8).

Таблиця 3.7

Показники якості ліпідів козиного сиру Качотта протягом терміну дозрівання(% від загального вмісту), $x \pm SD$, $n = 5$

Кислота	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	1 місяць	12 місяців	24 місяці
Σ НЖК	71,56 ± 0,12 ^a	66,77 ± 0,40 ^b	71,87 ± 0,47 ^a	69,21 ± 0,42 ^a
Σ ННЖК	28,44 ± 0,11 ^a	33,23 ± 0,41 ^b	28,13 ± 0,44 ^a	30,79 ± 0,39 ^a
Σ МНЖК	24,43 ± 0,14 ^a	29,08 ± 0,39 ^b	23,63 ± 0,36 ^a	24,97 ± 0,33 ^a
Σ ПНЖК	4,02 ± 0,06 ^a	4,15 ± 0,07 ^a	4,50 ± 0,07 ^b	5,83 ± 0,21 ^c
Σ ω3 ПНЖК	0,84 ± 0,03 ^a	0,97 ± 0,05 ^a	0,81 ± 0,09 ^a	1,54 ± 0,07 ^b
Σ ω6 ПНЖК	3,18 ± 0,06 ^a	3,17 ± 0,03 ^a	3,69 ± 0,09 ^b	4,29 ± 0,19 ^c
ω3/ω6 ПНЖК	3,78 ± 0,15 ^a	3,29 ± 0,16 ^a	4,60 ± 0,51 ^b	2,80 ± 0,17 ^c
Σ КЖК (4-8)	8,98 ± 0,11 ^a	8,20 ± 0,32 ^a	8,96 ± 0,12 ^a	10,22 ± 0,22 ^b
Σ СЖК (10-16)	46,03 ± 0,16 ^a	40,21 ± 0,23 ^b	49,49 ± 0,38 ^c	45,94 ± 0,98 ^a
Σ ДЖК (17-20)	44,99 ± 0,27 ^a	51,60 ± 0,46 ^b	41,55 ± 0,31 ^c	43,85 ± 0,90 ^a
БЖК	45,30 ± 0,25 ^a	51,84 ± 0,43 ^b	41,71 ± 0,27 ^c	44,93 ± 0,88 ^a
ГЖК	34,04 ± 0,07 ^a	30,29 ± 0,16 ^b	36,04 ± 0,49 ^c	31,76 ± 0,63 ^d
Δ ⁹ десатуразний індекс (C ₁₄)	0,043±0,002 ^a	0,043±0,002 ^a	0,019±0,001 ^b	0,013±0,001 ^c
ІА	2,09 ± 0,03 ^a	1,52 ± 0,04 ^b	2,30 ± 0,03 ^c	1,88 ± 0,04 ^d
Б/Г	0,77 ± 0,01 ^a	1,03 ± 0,02 ^b	0,73 ± 0,02 ^a	0,88 ± 0,01 ^c

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі; НЖК – насичені жирні кислоти; ННЖК – ненасичені жирні кислоти; МНЖК – мононенасичені жирні кислоти; ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти; КЖК – коротколанцюгові жирні кислоти; СЖК – середньоланцюгові жирні кислоти; ДЖК – довголанцюгові жирні кислоти; БЖК – гіпохолестеролемічні (бажані) жирні кислоти; ГЖК –

гіперхолестеролемічні жирні кислоти; ІА – індекс атерогенності; Б/Г – співвідношення бажаних до гіперхолестеролемічних жирних кислот

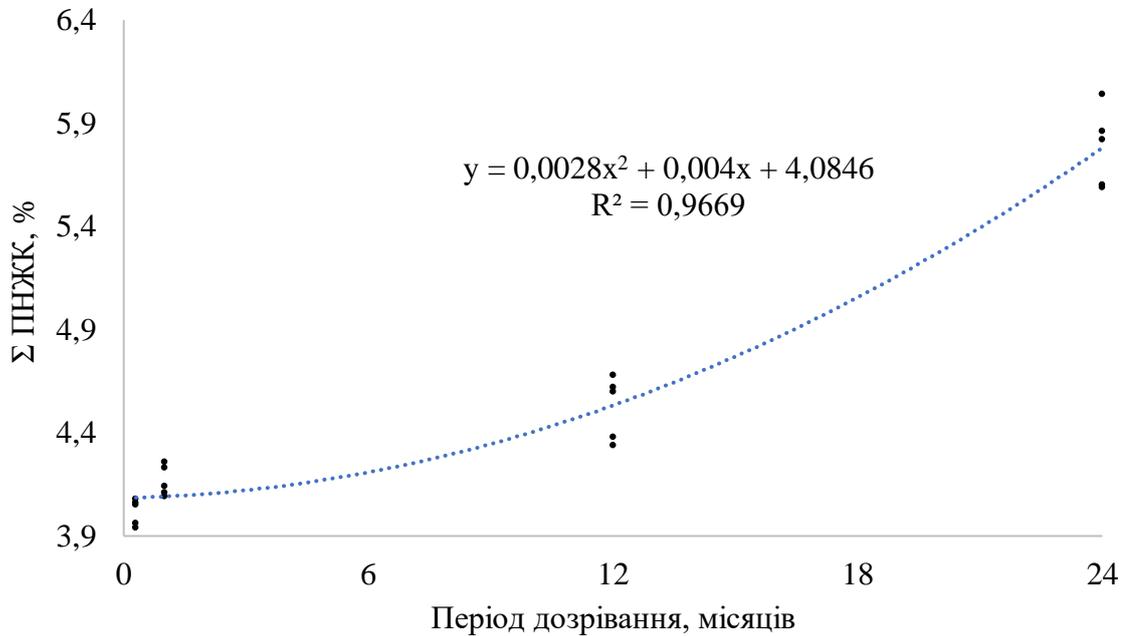


Рис. 3.8. Залежність Σ ПНЖК від терміну дозрівання сиру Качотта, $n = 20$

Десатуразний індекс зі збільшенням віку сиру Качотта у жирі знижується: найбільше значення його зареєстровано у період з 10-добового до 1-місячного віку, а найнижче у віці 24 місяці. Кореляційний аналіз свідчить про сильний обернений зв'язок між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Качотта ($r = -0,957 \pm 0,101$, $P < 0,01$). Лінія регресії підтверджує, що між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Качотта існує обернена залежність, яка характеризується поліномом другого ступеня (рис. 3.9).

Індекс атерогенності жиру сиру Качотта характеризується суттєвими коливаннями протягом терміну дозрівання: на досягаючи максимуму 10-ту добу і 12-й місяць і знижуючись на 1-й і 24-й місяці дозрівання (табл. 3.7). Регресійний аналіз показав, що така залежність індексу атерогенності від терміну дозрівання сиру Качотта не являється лінійною і найбільш точно виражається поліномом третього ступеня (рис. 3.10).

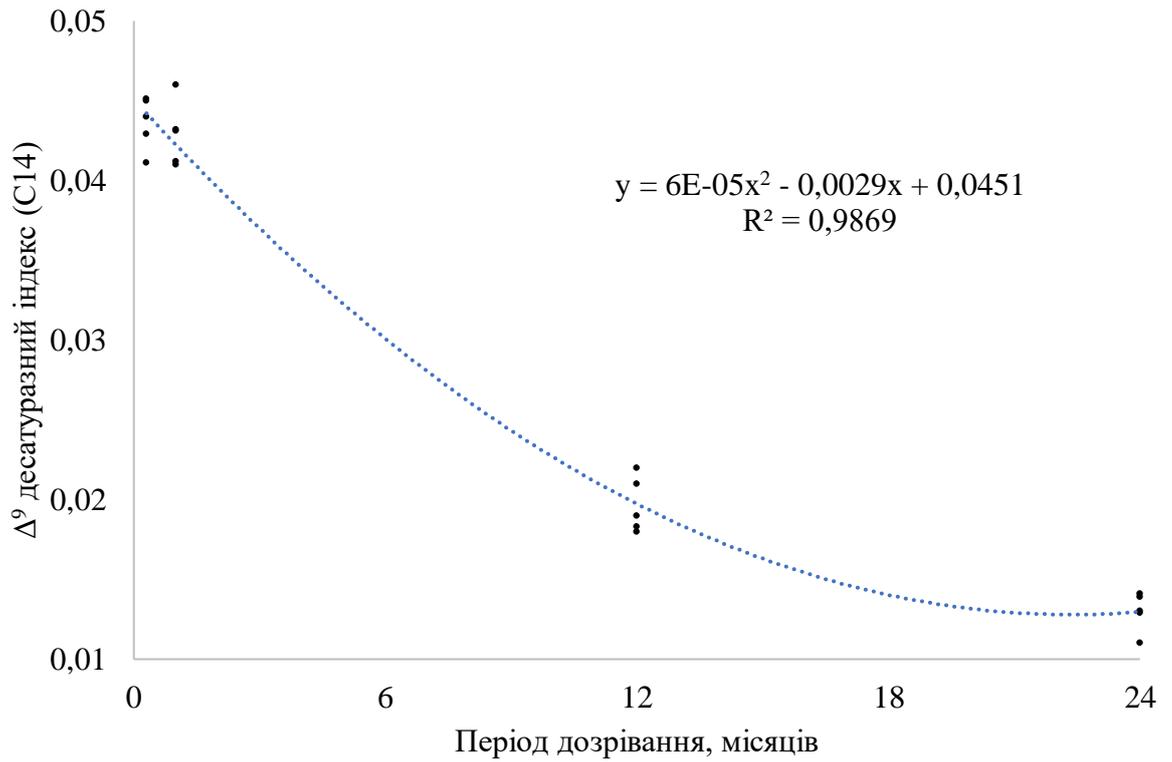


Рис. 3.9. Залежність Δ^9 десатураційного індексу (C_{14}) від терміну дозрівання сиру Качотта, $n = 20$

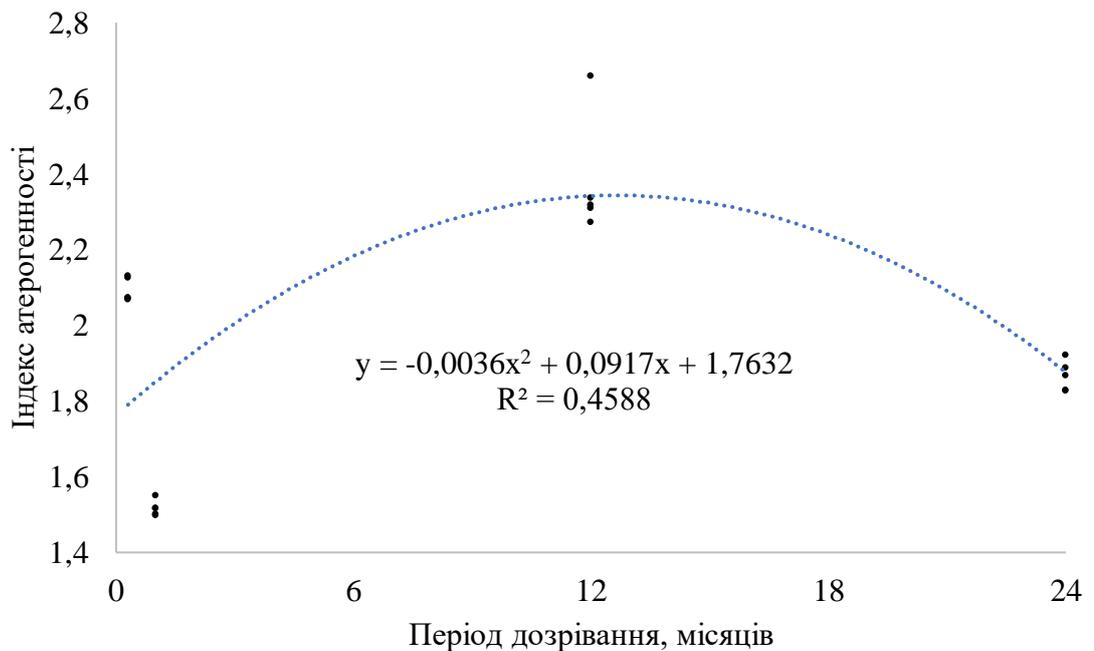


Рис. 3.10. Залежність індексу атерогенності від терміну дозрівання сиру Качотта, $n = 20$

Динаміка атерогенного індексу сиру Качотта пов'язана зі змінами концентрації гіперхолестеролемічних жирних кислот у сирі Качотта (табл. 3.7). Лінія регресії, яка описує залежність вмісту гіперхолестеролемічних жирних кислот в жирі сиру Качотта протягом терміну дозрівання, також виглядає як поліном другого ступеня (рис. 3.11).

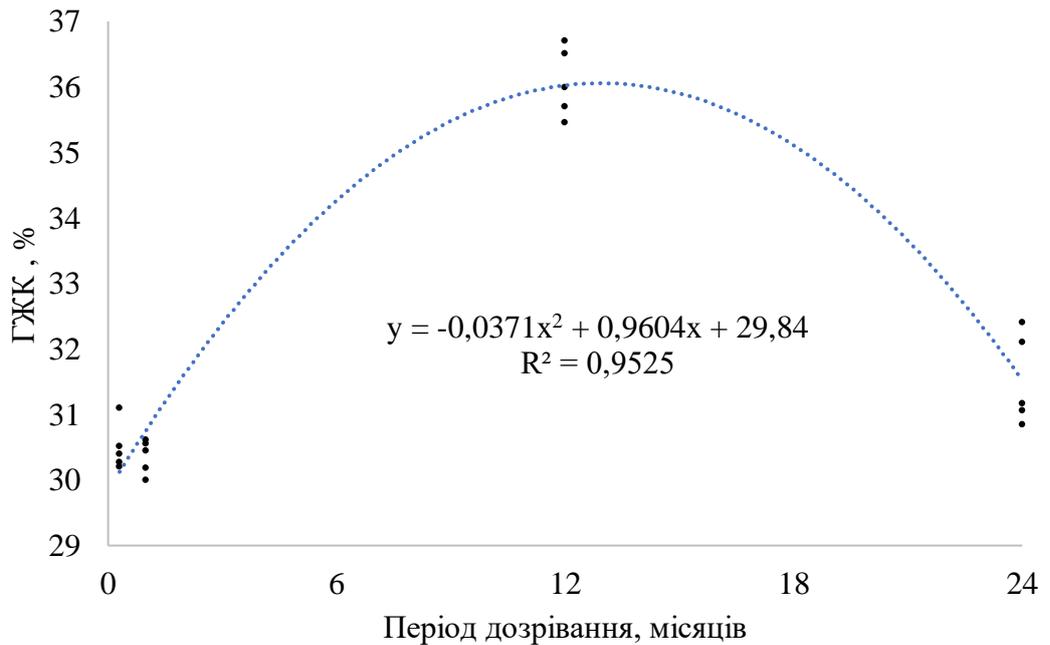


Рис. 3.11. Залежність вмісту гіперхолестеролемічних жирних кислот від терміну дозрівання сиру Качотта, $n = 20$

Частка бажаних жирних кислот, які володіють гіпохолестеролемічним ефектом, у жирі сиру Качотта досягає свого максимального рівня на 1-й місяць, а мінімального – на 12-й місяць дозрівання, що узгоджується з Σ ННЖК і вмістом стеаринової кислоти в жирі сиру у цей період. Найнижчий індекс Б/Г жиру сиру Качотта відмічається на 10-ту добу і 12-й місяць дозрівання, тоді як на 1-й і 24-й місяць він вірогідно підвищується.

Термін дозрівання сиру Канестрато суттєво не впливає на рівень коротколанцюгових жирних кислот у жирі, зокрема масляної, капронової і каприлової (табл. 3.8, 3.9). Основу середньоланцюгових кислот в жирі сиру Канестрато як і в сирі Качотта складають пальмітинова, капринова і

міристинова, що на 10-ту добу дозрівання забезпечує досягнення піку їх загальної суми. Зі збільшенням терміну дозрівання до 12-ти місяців виявлено зниження концентрації капринової, лауринової, міристинова, пентадеценової, пальмітолеїнової і навіть повне зникнення тридеканової кислот у жирі сиру Канестрато. На противагу цьому протягом всього періоду дозрівання вміст міристолеїнової кислоти в жирі сиру Канестрато збільшується, досягаючи найвищого вмісту на 12-й місяць.

Таблиця 3.8

Вміст жирних кислот в козиному сирі Канестрато протягом терміну дозрівання (% від загального вмісту), $\bar{x} \pm SD$, n = 5

Кислота	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	3 місяці	6 місяців	12 місяців
1	2	3	4	5
Масляна, С 4:0	2,89 ± 0,07 ^{ab}	2,59 ± 0,11 ^a	3,00 ± 0,26 ^{ab}	3,22 ± 0,37 ^b
Капронова, С 6:0	3,08 ± 0,03 ^a	2,61 ± 0,06 ^b	2,86 ± 0,10 ^{ab}	3,06 ± 0,03 ^a
Каприлова, С 8:0	2,84 ± 0,07 ^{ab}	2,70 ± 0,08 ^{ab}	2,57 ± 0,07 ^b	2,88 ± 0,09 ^a
Капринова, С 10:0	10,22 ± 0,14 ^a	8,35 ± 0,23 ^b	8,78 ± 0,26 ^b	8,75 ± 0,49 ^b
Гендеканова, С 11:0	0,19 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	0,16 ± 0,02 ^a
Лауринова, С 12:0	3,95 ± 0,04 ^a	3,48 ± 0,28 ^a	3,68 ± 0,09 ^a	2,79 ± 0,10 ^b
Тридеканова, С 13:0	0,08 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
Міристинова, С 14:0	8,36 ± 0,07 ^a	8,13 ± 0,19 ^a	8,73 ± 0,38 ^a	7,25 ± 0,04 ^b
Міристолеїнова, С14:1	0,23 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,03 ^a	0,42 ± 0,05 ^b	0,37 ± 0,04 ^b
Пентадеканова, С15:0	0,73 ± 0,03 ^a	0,66 ± 0,02 ^b	0,81 ± 0,03 ^c	0,72 ± 0,04 ^a
Пентадеценова, С15:1	0,19 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,01 ^b	0,08 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,03 ^b
Пальмітинова, С16:0	22,44 ± 0,18 ^a	20,48 ± 0,14 ^b	22,22 ± 0,21 ^a	21,96 ± 0,54 ^a

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5
Пальмітолеїнова, C16:1	0,52 ± 0,03 ^a	0,42 ± 0,02 ^b	0,41 ± 0,02 ^b	0,42 ± 0,03 ^b
Гептадеканова, C17:0	0,52 ± 0,02 ^a	0,43 ± 0,03 ^b	0,41 ± 0,02 ^b	0,43 ± 0,01 ^b
Цис-10-гептадеценава, C17:1	0,12 ± 0,04 ^a	0,15 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,02 ^b	0,16 ± 0,02 ^a
Стеаринова, C 18:0	16,92±0,36 ^a	17,32±0,11 ^a	13,38±0,21 ^b	15,79±0,14 ^c
Олеїнова, C 18:1n9c	22,51±0,18 ^a	27,46±0,31 ^b	25,60±0,38 ^c	25,78±0,19 ^c
Лінолева, C 18:2n6c	3,14 ± 0,06 ^a	3,41 ± 0,26 ^a	4,35 ± 0,21 ^b	4,27 ± 0,12 ^b
Арахінова, C 20:0	0,19 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,03 ^a
Цис-11-ейкозанова, C 20:1n9	0,05 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,03 ^b	0,66 ± 0,04 ^c	0,74 ± 0,03 ^d
Ліноленова, C18:3n3	0,86 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,04 ^a	1,51 ± 0,09 ^b	0,94 ± 0,08 ^a
Ейкозатрієнова, C20:3n3	0,00 ± 0,00 ^a			

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Основними довголанцюговими жирними кислотами сиру Канестрато є олеїнова і стеаринова. При цьому частка стеаринової кислоти зі збільшенням терміну дозрівання знижується на фоні збільшення часток олеїнової, лінолевої і цис-11-ейкозаної кислот. В жирі сиру Канестрато, на відміну від сиру Качотта, ейкозатрієнової кислоти не виявлено (табл. 3.8). Вміст довголанцюгових жирних кислот в сирі Канестрато збільшується протягом всього періоду дозрівання порівняно з вихідним значенням у 10-добовому віці (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Показники якості ліпідів козиного сиру Канестрато протягом терміну дозрівання (% від загального вмісту), $x \pm SD$, $n = 5$

Кислота	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	3 місяці	6 місяців	12 місяців
Σ НЖК	73,39 ± 0,17 ^a	67,20 ± 0,46 ^b	66,76 ± 0,65 ^b	67,21 ± 0,17 ^b
Σ ННЖК	27,61 ± 0,18 ^a	32,80 ± 0,45 ^b	33,24 ± 0,67 ^b	32,79 ± 0,16 ^b
Σ МНЖК	23,61 ± 0,21 ^a	28,59 ± 0,32 ^b	27,39 ± 0,44 ^b	27,59 ± 0,07 ^b
Σ ПНЖК	4,01 ± 0,06 ^a	4,22 ± 0,24 ^a	5,86 ± 0,23 ^b	5,21 ± 0,17 ^b
Σ ω3 ПНЖК	0,86 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,04 ^a	1,51 ± 0,09 ^b	0,94 ± 0,08 ^a
Σ ω6 ПНЖК	3,14 ± 0,06 ^a	3,41 ± 0,26 ^a	4,35 ± 0,21 ^b	4,27 ± 0,12 ^b
ω3/ω6 ПНЖК	3,63 ± 0,11 ^a	4,22 ± 0,42 ^b	2,89 ± 0,17 ^c	4,59 ± 0,27 ^b
Σ КЖК (4-8)	8,81 ± 0,09 ^a	7,90 ± 0,15 ^b	8,43 ± 0,37 ^{ab}	9,16 ± 0,35 ^a
Σ СЖК (10-16)	46,89 ± 0,17 ^a	42,04 ± 0,49 ^b	45,32 ± 0,66 ^a	42,53 ± 0,13 ^b
Σ ДЖК (17-20)	44,30 ± 0,22 ^a	50,07 ± 0,51 ^b	46,25 ± 0,55 ^c	48,31 ± 0,26 ^d
БЖК	44,52 ± 0,22 ^a	50,12 ± 0,48 ^b	46,62 ± 0,57 ^a	48,58 ± 0,30 ^b
ГЖК	34,74 ± 0,19 ^a	32,09 ± 0,28 ^b	34,63 ± 0,70 ^a	32,00 ± 0,60 ^b
Δ ⁹ десатуразний індекс (C ₁₄)	0,027±0,002 ^a	0,026± 0,002 ^a	0,046± 0,006 ^b	0,049± 0,001 ^b
ІА	2,17 ± 0,01 ^a	1,72 ± 0,04 ^{bc}	1,83 ± 0,08 ^b	1,64 ± 0,01 ^c
Б/Г	0,76 ± 0,01 ^a	0,99 ± 0,02 ^b	0,91 ± 0,03 ^b	0,97 ± 0,01 ^b

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі; НЖК – насичені жирні кислоти; ННЖК – ненасичені жирні кислоти; МНЖК – мононенасичені жирні кислоти; ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти; КЖК – коротколанцюгові жирні кислоти; СЖК – середньоланцюгові жирні кислоти; ДЖК – довголанцюгові жирні кислоти; БЖК – гіпохолестеролемічні (бажані) жирні кислоти; ГЖК –

гіперхолестеролевмічні жирні кислоти; ІА – індекс атерогенності; Б/Г – співвідношення бажаних до гіперхолестеролевмічних жирних кислот

Основні насичені жирні кислоти сиру Канестрато представлені пальмітиною, стеариною, каприною і міристиною, які складають як і в сирі Качотта понад 55% вмісту всіх жирних кислот. Зниження загального вмісту насичених жирних кислот починаючи з 3-го місяця дозрівання сиру пов'язано зі зменшенням часток капронової, капринової, пентадеканової, пальмітинової, гептадеканової і зникненням тридеканової кислоти в жирі сиру (табл. 3.8, 3.9).

Відповідно до динаміки вмісту насичених відбуваються зміни вмісту ненасичених жирних кислот у жирі сиру Канестрато. В цей період частка ненасичених жирних кислот у сирі Канестрато збільшується за рахунок міристолеїнової, олеїнової, лінолевої і цис-11-ейкозаної кислот. Таким чином зростання частки ненасичених жирних кислот у сирі Канестрато в процесі дозрівання забезпечується як мононенасиченими, так і поліненасиченими жирними кислотами.

Серед ненасичених жирних кислот, які відносяться до $\omega 3$ ПНЖК, в сирі Канестрато виявлено лише ліноленову, динаміка вмісту якої не має характерної залежності від терміну його дозрівання. Єдиною кислотою сиру Канестрато, яка відноситься до $\omega 6$ ПНЖК, є ліолева. Таким чином $\omega 3/\omega 6$ ПНЖК сиру Канестрато розраховано як співвідношення часток лінолевої і ліноленової кислот так же як і в сирі Качотта. При цьому дане співвідношення не має суттєвої залежності від терміну дозрівання сиру.

На відміну від сиру Качотта Δ^9 десатураційний індекс (C_{14}) сиру Канестрато протягом всього періоду дозрівання зростає. Найнижче його значення встановлено в період з 10-тої доби до 3-го місяця, а на 6-й місяць і 12-й місяць дозрівання він досягає максимального значення. Виявлено сильну пряму залежність між Δ^9 десатураційним індексом (C_{14}) і віком сиру Канестрато ($r =$

$0,842 \pm 0,096$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує зв'язок між Δ^9 десатуразним індексом (C_{14}) і терміном дозрівання сиру Канестрато, який виражається поліномом другого ступеню (рис. 3.12).

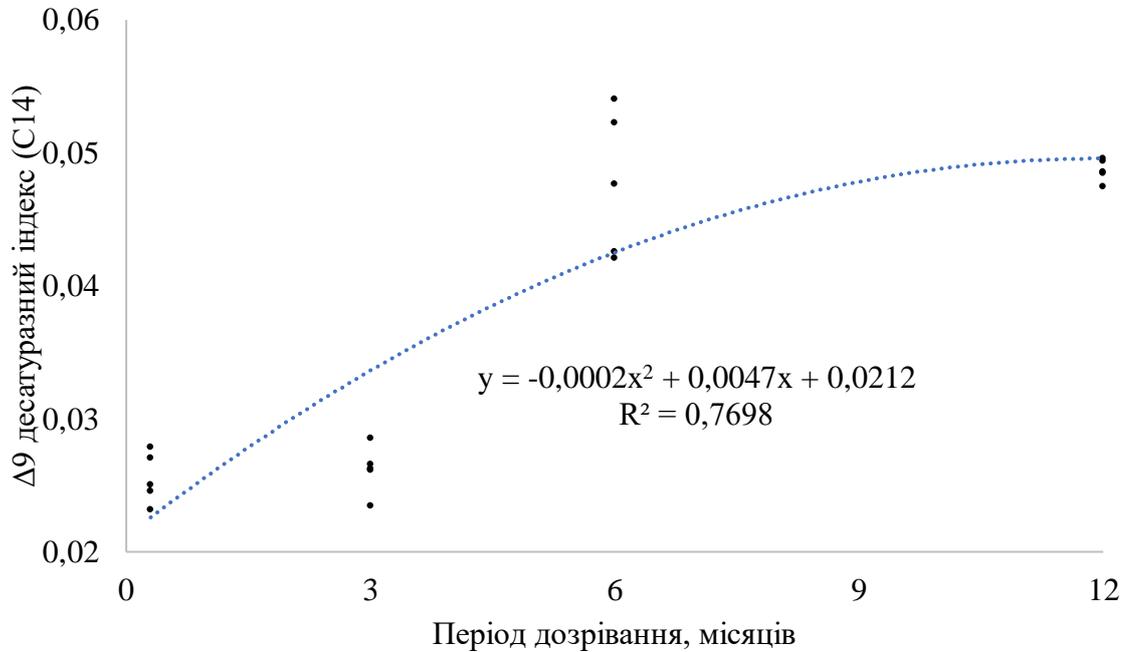


Рис. 3.12. Залежність Δ^9 десатуразного індексу (C_{14}) від терміну дозрівання сиру Канестрато, $n = 20$

Індекс атерогенності жиру сиру Канестрато знижується зі збільшенням терміну дозрівання, однак суттєвого кореляційного зв'язку між цими показниками не простежується. Частка бажаних жирних кислот, які відносяться до гіпохолестеролемічних, у сирі Канестрато коливається протягом всього терміну дозрівання, досягаючи свого максимуму на 3-й і 12-й місяці порівняно з даними на 10-ту добу і 6-й місяць, тоді як динаміка вмісту гіперхолестеролоемічних кислот була протилежною. Співвідношення Б/Г сиру Канестрато зростає починаючи з 3-го місяця і залишався стабільним до 12-го місяця дозрівання.

3.4. Мікробіом твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока

Мікробний склад сиру Качотта за чисельністю МАФАМ у віці 10 діб, 1 місяць і 12 місяців не відрізнявся (табл. 3.10). На 24-й місяць дозрівання в сирі Качотта виявлено зниження чисельності МАФАМ на $1,18 \text{ lg КУО/г}$ порівняно з його значенням на 10-ту добу дозрівання і на $1,27 \text{ lg КУО/г}$ порівняно з даними на перший місяць дозрівання.

Плісневих грибів у сирі Качотта на 10-ту добу, а також на 12-й та 24-й місяць дозрівання не виявлено, на відміну від аналогічного показника на перший місяць дозрівання. Чисельність дріжджів у сирі Качотта зростала на $1,38 \text{ lg КУО/г}$ на перший місяць дозрівання порівняно з 10-ю добою, досягаючи в цей період свого максимуму. Після чого відмічали зниження кількості їх колоній до повного їх зникнення на 12-й та 24-й місяць дозрівання сиру.

Таблиця 3.10

Мікробний склад козиного сиру Качотта в процесі дозрівання, ($\bar{x} \pm SD$), $n = 5$, lg КУО/г

Термін дозрівання сиру	МАФАМ	Гриби плісневі	Дріжджі
10 діб	$7,07 \pm 0,29^a$	$< 1^a$	$2,29 \pm 0,12^a$
1 місяць	$7,16 \pm 0,27^a$	$1,87 \pm 0,12^b$	$3,67 \pm 0,19^b$
12 місяців	$6,65 \pm 0,37^{ab}$	$< 1^a$	$< 1^c$
24 місяці	$5,89 \pm 0,33^b$	$< 1^a$	$< 1^c$

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою Тьюкі

Кореляційний та регресійний аналіз показав, що чисельність МАФАМ у сирі Качотта мала сильну обернену залежність від терміну його дозрівання ($r = -0,936 \pm 0,112$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує, що між кількістю МАФАМ і терміном дозрівання сиру Качотта існує лінійний обернений зв'язок (рис. 3.13).

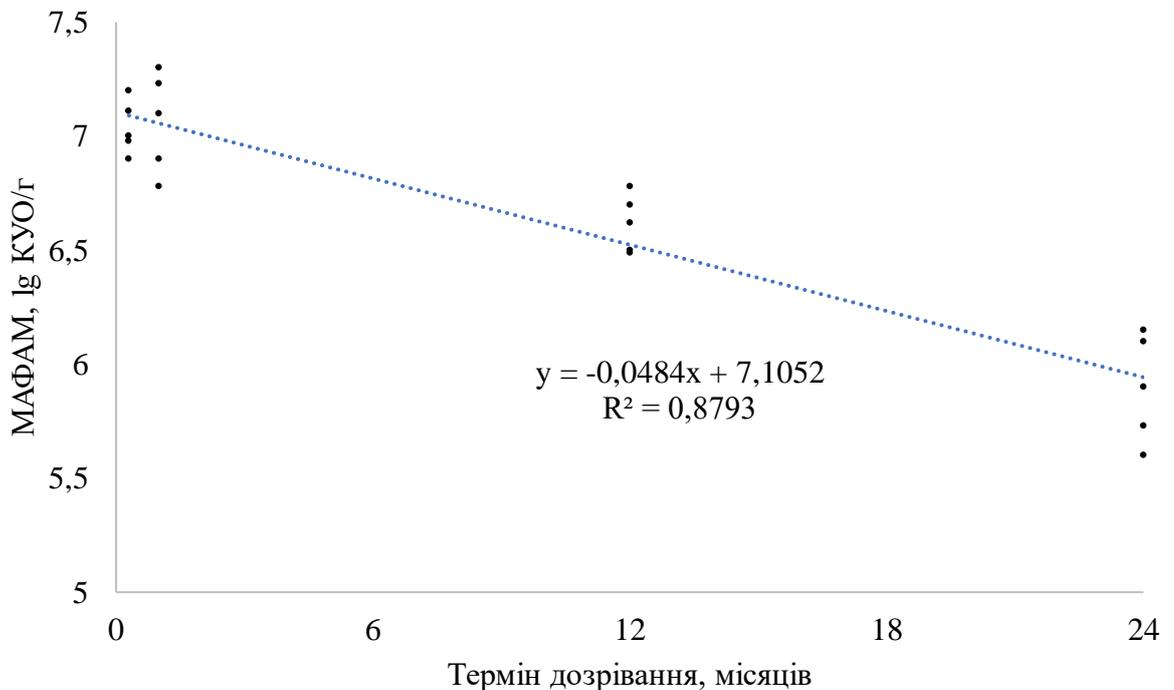


Рис. 3.13. Залежність чисельності МАФАМ у сирі Качотта від терміну дозрівання, $n = 20$

Встановлено, що молочнокислі бактерії, які виявлено у сирі Качотта, як за своїм видовим різноманіттям, так і за чисельністю залежали від терміну його дозрівання (табл. 3.11). Загальна чисельність і видовий склад молочнокислих бактерій у сирі Качотта на 10-ту добу і 1-й місяць дозрівання знаходилась на одному рівні. При цьому у сирі було виявлено лише *Lactobacillus plantarum*, який складав основу молочнокислих бактерій.

Дозрівання сиру Качотта протягом 12-х місяців спричинило зниження загальної чисельності молочнокислих бактерій на 0,83 lg КУО/г і на 0,87 lg КУО/г порівняно з терміном дозрівання 10 діб і 1 місяць відповідно. Серед молочнокислих бактерій на 12-й місяць дозрівання в різних пробах сиру

Качотта виділяли два види: *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc pseudomesenteroides*.

На 24-й місяць дозрівання в сирі Качотта виявлено зниження чисельності молочнокислих бактерій порівняно з аналогічними показниками на 10-ту добу – на 3,58 lg КУО/г, на 1-й місяць – на 3,62 lg КУО/г і на 12-й місяць – на 2,75 lg КУО/г (табл. 3.11). У цей період основними молочнокислими бактеріями сиру Качотта були два види: *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc mesenteroides*. Чисельність *Lactobacillus brevis* у сирі віком 24 місяці поступалася на 3,05 lg КУО/г сиру віком 12 місяців.

Розрахунки з визначення залежності чисельності молочнокислих бактерій у сирі Качотта від терміну його дозрівання показали, що між цими показниками існує аналогічна сильна обернена залежність ($r = -0,948 \pm 0,107$, $P < 0,01$) у вигляді поліному другого ступеня (рис. 3.14).

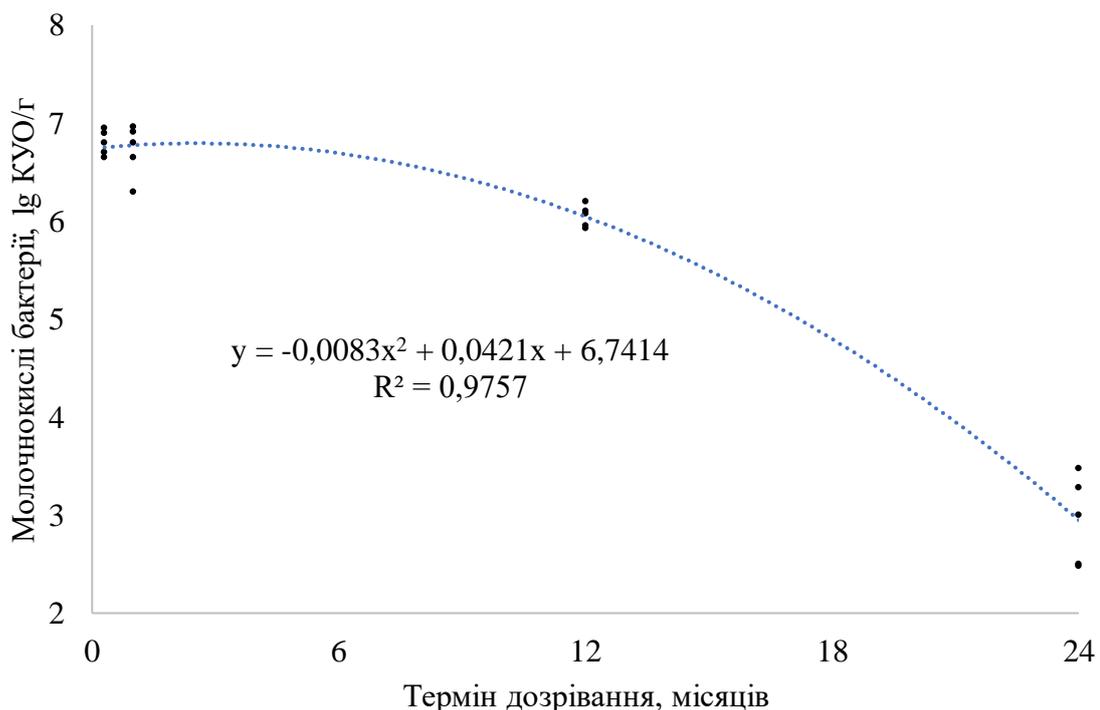


Рис. 3.14. Залежність чисельності молочнокислих бактерій у сирі Качотта від терміну дозрівання, $n = 20$

Необхідно зазначити, що чисельність молочнокислих бактерій у сирі Качотта в процесі дозрівання складала основу МАФМ. Так, у сирі 10-

добового віку їх частка становила 96,5%, 1-місячного – 95,8%, 12-місячного – 90,1% і знижувалась у 24-місячному віці до 55,0% від загальної кількості МАФАМ (табл. 3.10, 3.11).

Виявлено також сильний прямий кореляційний зв'язок між чисельністю МАФАМ і молочнокислих бактерій у сирі Качотта протягом всього терміну дозрівання ($r = 0,903 \pm 0,117$, $P < 0,01$). Лінія регресії показує, що між чисельністю МАФАМ і молочнокислих бактерій у сирі Качотта існує прямий лінійний зв'язок (рис. 3.15).

Таблиця 3.11

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів з ідентифікацією MALDI-TOF у сирі Качотта в процесі дозрівання, $x \pm SD$, $n = 5$, Ig КУО/г

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	1 місяць	12 місяців	24 місяці
Lactobacillaceae, в тому числі:	$6,82 \pm 0,21^a$	$6,86 \pm 0,23^a$	$5,99 \pm 0,20^b$	$3,24 \pm 0,13^c$
<i>Lactobacillus brevis</i>	$< 1^a$	$< 1^a$	$5,93 \pm 0,36^b$	$2,88 \pm 0,12^c$
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	$< 1^a$	$< 1^a$	$< 1^a$	$3,48 \pm 0,25^b$
<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>	$< 1^a$	$< 1^a$	$6,01 \pm 0,17^b$	$< 1^a$
<i>Lactobacillus plantarum</i>	$6,82 \pm 0,21^a$	$6,86 \pm 0,23^a$	$< 1^b$	$< 1^b$

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0.05$) за результатами порівняння за допомогою Тьюкі

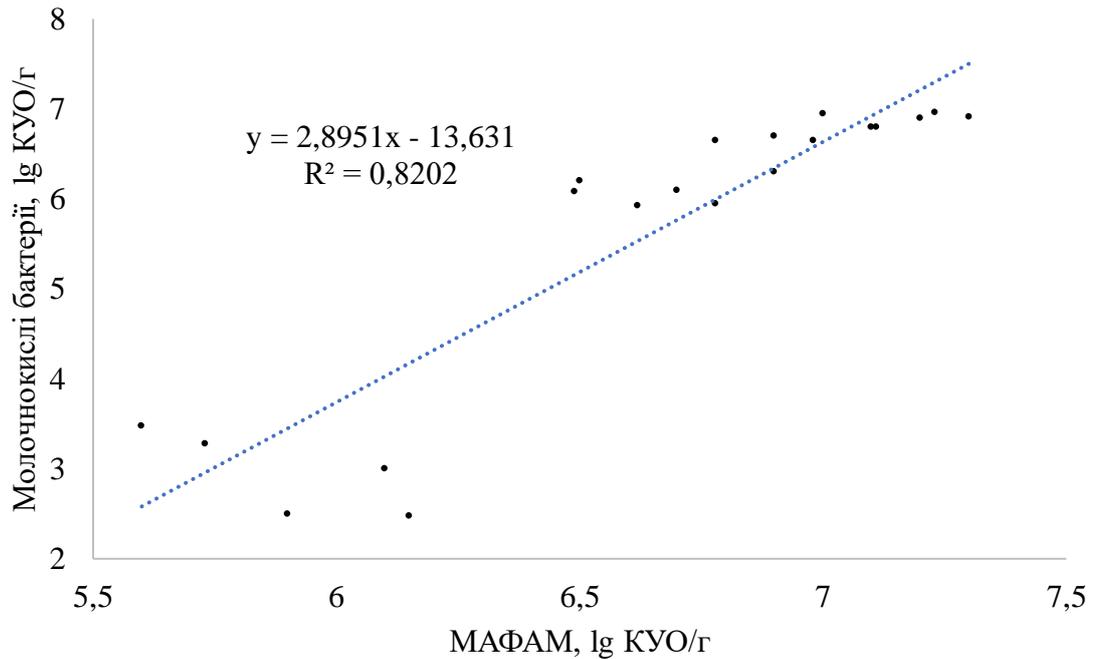


Рис. 3.15. Залежність чисельності МАФАМ у сирі Качотта від чисельності молочнокислих бактерій, n = 20

Динаміка мікробіологічних показників козиного сиру Канестрато відзначалася суттєвими відмінностями від сиру Качотта. Мікробний склад крафтового сиру Канестрато характеризувався відносною стабільністю чисельності МАФАМ протягом всього періоду дозрівання (табл. 3.12). Слід також відмітити наявність значної кількості плісневих грибів у сирі Канестрато у всі періоди дозрівання за винятком 6-місячного терміну. При цьому кількість плісневих грибів у молодому сирі Канестрато (віком 10 діб і 3 місяці) знаходилася на однаковому рівні. На 12-й місяць дозрівання у сирі Канестрато відмічали зниження чисельності плісневих грибів порівняно з віком 10 діб – на 1,99 lg КУО/г, а порівняно з віком 3 місяці – на 1,63 lg КУО/г. Що стосується чисельності дріжджів, які виділялися з сиру Канестрато, то встановлено підвищення їх кількості на 3-й місяць дозрівання на 3,84 lg КУО/г порівняно з 10-добовим терміном. На 6-й місяць дозрівання чисельність дріжджів у сирі Канестрато була найнижча за весь період дозрівання і

поступалася 10-добовому сиру – на 1,27 lg КУО/г, 3-місячному – на 5,11 lg КУО/г і 12-місячному – на 3,56 lg КУО/г (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Мікробний склад сиру Канестрато в процесі дозрівання, $\bar{x} \pm SD$, n = 5, lg КУО/г

Термін дозрівання сиру	МАФAM	Гриби плісеневі	Дріжджі
10 діб	7,01 ± 0,52 ^a	4,82 ± 0,32 ^a	2,28 ± 0,21 ^a
3 місяці	7,18 ± 0,43 ^a	4,46 ± 0,27 ^a	6,12 ± 0,29 ^b
6 місяців	6,92 ± 0,32 ^a	< 1 ^c	1,01 ± 0,11 ^c
12 місяців	6,84 ± 0,24 ^a	2,83 ± 0,12 ^b	4,57 ± 0,32 ^d

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою Тьюкі

Кореляційний і регресійний аналіз мікробіологічних показників сиру Канестрато показав, що чисельність МАФAM значимої залежності від терміну його дозрівання і чисельності молочнокислих бактерій не мала.

Кількість молочнокислих бактерій у сирі Канестрато протягом періоду дозрівання характеризувалась динамікою, яка суттєво відрізнялась від аналогічних показників сиру Качотта, хоча обидва види сиру виготовлені з непастеризованого козиного молока. При цьому в сирі Канестрато відмічали збільшення чисельності молочнокислих бактерій на 2,6 lg КУО/г на 3-й місяць дозрівання порівняно з 10-добовим терміном, що відбувалося за рахунок лише одного виду, а саме *Leuconostoc mesenteroides*. Збільшення чисельності молочнокислих бактерій у сирі Канестрато на 6-й місяць дозрівання на 2,99 lg КУО/г порівняно з 10-добовим терміном забезпечувалося за рахунок

Leuconostoc pseudomesenteroides, тоді як на 12-й місяць таке збільшення було на рівні $1,97 \lg \text{ КУО/г}$ і забезпечувалось *Lactobacillus plantarum*.

Одночасно з цим необхідно відмітити, що загальна чисельність молочнокислих бактерій у сирі Канестрато характеризувалась певною динамікою, яка виражалась збільшенням чисельності молочнокислих бактерій з 10-добового до 3-місячного віку, з наступною стабілізацією їх кількості з 3-місячного до 6-місячного віку. На 12-й місяць дозрівання сиру Канестрато їх кількість знижувалась порівняно з сиром 3-місячної витримки на $0,63 \lg \text{ КУО/г}$, а порівняно з сиром 6-місячної витримки – на $1,02 \lg \text{ КУО/г}$ (табл. 4).

Таблиця 3.13

Чисельність молочнокислих мікроорганізмів з ідентифікацією MALDI-TOF у сирі Канестрато в процесі дозрівання, $x \pm SD$, $n = 5$, $\lg \text{ КУО/г}$

Показник	Термін дозрівання сиру			
	10 діб	3 місяці	6 місяців	12 місяців
Lactobacillaceae, в тому числі:	$3,52 \pm 0,17^a$	$6,12 \pm 0,13^b$	$6,51 \pm 0,21^b$	$5,49 \pm 0,14^c$
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	$3,52 \pm 0,17^a$	$6,12 \pm 0,13^b$	$< 1^c$	$< 1^c$
<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>	$< 1^a$	$< 1^a$	$6,51 \pm 0,21^b$	$< 1^a$
<i>Lactobacillus plantarum</i>	$< 1^a$	$< 1^a$	$< 1^a$	$5,49 \pm 0,14^b$

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному рядку таблиці ($P < 0,05$) за результатами порівняння за допомогою Тьюкі

Домінування молочнокислих бактерій у сирі Канестрато наростало зі збільшенням терміну дозрівання сиру, зокрема на 10-ту добу їх кількість

складала 50,2%, на 3-й місяць – 85,2%, на 6-й місяць – 94,1% і на 12-й місяць – 80,3% від загальної чисельності МАФМ (табл. 3.12, 3.13).

Мікробіологічний скринінг з ідентифікацією MALDI-TOF крафтових сирів Качотта терміном дозрівання 24 місяці показав наявність бактерій групи кишкової палички, зокрема представників родів *Escherichia* – *Escherichia coli* та *Enterobacter* – *Enterobacter ludwigii*. Також виявлено у сирі Качотта три представники роду *Enterococcus*: *Enterococcus durans*, *E. faecalis* та *E. hirae*.

Аналіз мікробіологічного скринінгу з ідентифікацією MALDI-TOF сиру Канестрато віком 12 місяців показав відмінність видового складу бактерій групи кишкової палички, але повне співпадіння видового складу ентерококів з сиром Качотта. При цьому в сирі Канестрато виявлено лише одного представника групи кишкової палички, який належить до роду *Enterobacter* – *Enterobacter cloacae*, а також представника роду *Bacillus* – *Bacillus cereus*, і трьох представників роду *Enterococcus*: *Enterococcus durans*, *E. hirae* і *E. faecalis* (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Мікробіологічний скринінг з ідентифікацією MALDI-TOF крафтових твердих сирів Качотта і Канестрато

Період дозрівання, місяців	Найменування	Види бактерій
24	Качотта	<i>Enterobacter ludwigii</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus durans</i> *, <i>E. faecalis</i> *, <i>E. hirae</i> *
12	Канестрато	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus durans</i> , <i>E. hirae</i> , <i>E. faecalis</i>

Примітка: * – види бактерій спільні для сирів Качотта і Канестрато



Рис. 3.16. Головка сиру Качотта віком 12 місяців з ознаками життєдіяльності кліща *Acarus siro* на поверхні кірки до миття (a) і після миття (b).

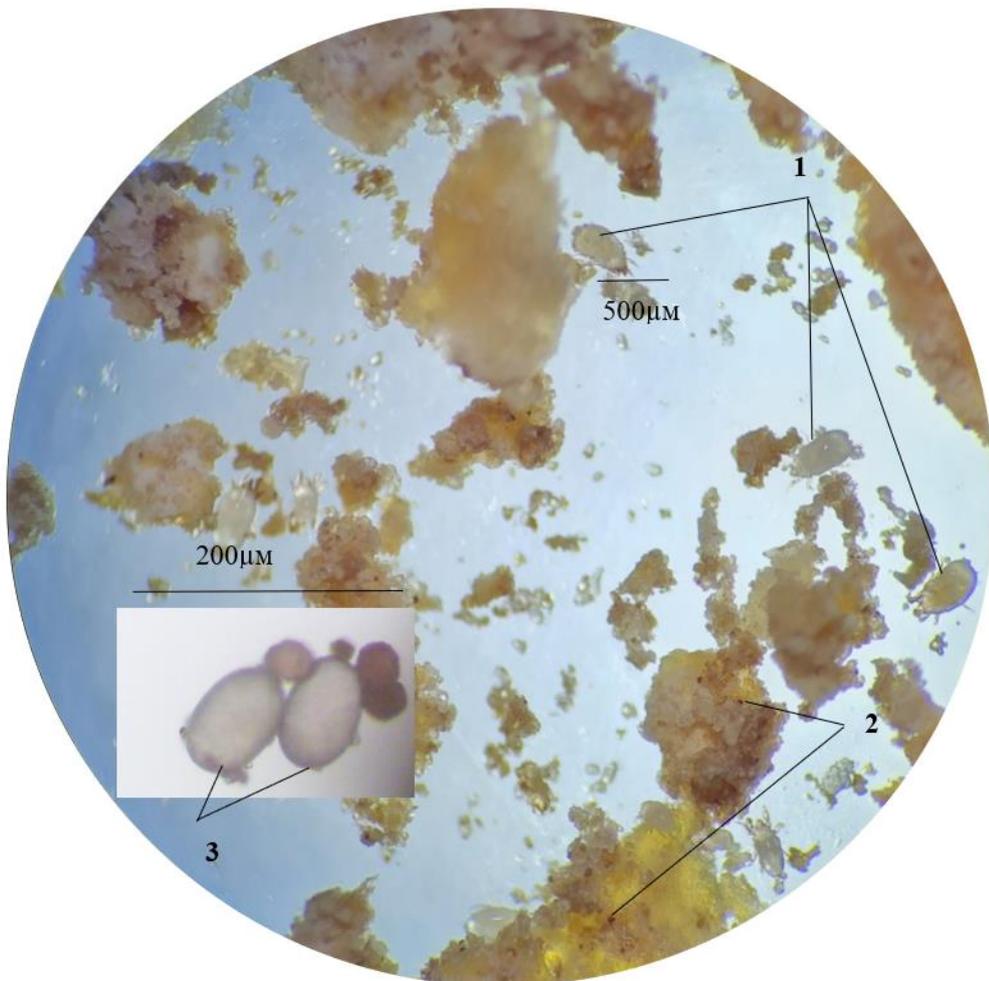


Рис. 3.17. Зріз кірки сиру Качотта віком 12 місяців: імаго кліща *Acarus siro* (1); скупчення екскрементів кліщів на поверхні сиру (2); яйця кліща в сирі (3).

В обох сирах виявлено кліща *Acarus siro* (Linnaeus, 1758) ряд Acariformes (Zachvatkin, 1952) підряд Sarcoptiformes (Reuter, 1909) інфраряд Astigmata (G. Canestrini, 1891) надродина Acaroidae (Latreille, 1802) родина Acaridae (Latreille, 1802) рід *Acarus* (Linnaeus, 1758).

Ознаки життєдіяльності кліща *Acarus siro* на поверхні кірки сирів починають проявлятися з 6-місячного терміну і тривають протягом всього періоду дозрівання. Така головка сиру покривається дрібною порошкоподібною масою, яка являє собою кліщів, їх рештки і екскременти (рис. 3.16 а) і підлягає миттю для зниження інтенсивності інвазії (рис. 3.16 б).

Про поширення в сирах Качотта та Канестрато кліща *Acarus siro* свідчить наявність його різних стадій розвитку, зокрема імаго і яєць та продуктів життєдіяльності на поверхні кірки (рис. 3.17).

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виробництво сиру є одним з найдавніших способів переробки молока, який постійно вдосконалюється людиною, що збільшує на ринку харчових продуктів їх асортимент. Сири виробляються з використанням різних джерел молока, методів обробки, заквасок, коагулянтів та умов дозрівання, що створює велику різноманітність з точки зору текстури, смаку та форми [160]. Сири з козиного молока хоча й займають біля 2% від всіх сирів, які виробляються у світі, але останнім часом спостерігається збільшення їх виробництва в країнах Азії, Африки та Європи [77, 106]. Виробництво таких крафтових сирів як правило передбачає мінімальну обробку молока, або його використання в сирому вигляді, що забезпечує створення унікальних відтінків смаку і аромату, а також їх автентичність [129, 153].

У Європі майже все козине молоко переробляється на сир, що становить 35% світового виробництва козиного сиру [144]. Caciotta – це напівтвердий сир, виготовлений із суміші незбираного сирого овечого, козиного та коров'ячого молока, що належить до великої родини типових італійських сирів Caciotta сільськогосподарського виробництва, таких як «Caciotta della Lunigiana», «Caciotta della Sabina», “Caciotta di pecora Toscana” та захищене відоме походження (PDO) “Caciotta d'Urbino” терміном дозрівання 2 місяці [59]. Canestrato – твердий сир, отриманий із суміші овечого і козиного молока, який виготовляється в кустарних умовах в Італії. Його форма циліндрична, а термін дозрівання коливається від 2-х місяців (молодий тип) до 12-ти місяців (дозрілий тип) [164]. Оригінальність виготовлення крафтових сирів Качотта і Канестрато в нашому експерименті полягає у використанні лише непастеризованого козиного молока і збільшення терміну дозрівання сиру Качотта до 24-х місяців, що дозволило отримати як напівтверду, так і тверду структуру залежно від його віку.

Відомо, що фізичні, біохімічні та мікробіологічні зміни, що відбуваються під час дозрівання, корелюють з якістю, безпечністю та стабільністю сиру [82]. При цьому важливу роль відіграють молочнокислі мікроорганізми, які домінують у сирі і проявляють ферментативну активність, що впливає на формування його структури [21, 112, 131]. Стійкість бажаних властивостей тісно пов'язана з наявністю та станом води в сирі [162]. Стан і динаміка води, присутньої в продуктах у вигляді вільної і зв'язаної води, багато в чому визначає властивості харчових продуктів, у тому числі сирів. Від наявності і стану води залежить лежкість і якість сирів, а також перебіг всіх хімічних реакцій з участю ферментів мікроорганізмів у процесі їх дозрівання [94]. Як видно з отриманих нами результатів досліджень сири Качотта і Канестрато відчутно втрачали вологу під час дозрівання починаючи з 12-го місяця. В цей період в обох сирах відбувалося збільшення вмісту жиру відповідно до збільшення вмісту сухої речовини. Разом з тим у сирі Качотта зниження вмісту вологи пов'язано також зі збільшенням і частки протеїну, хоча в сирі Канестрато такої залежності не прослідковується.

Збільшення вмісту білка та жиру під час дозрівання сирів може бути спричинено частковим випаровуванням води [96, 119]. Типове співвідношення вмісту жиру до білка в сирах коливається від 0,70 до 1,15, що впливає на його сенсорні характеристики. Доведено [90], що чим вищий вміст жиру в сухій речовині сиру, тим виразніші його смакові властивості і привабливість для споживача. Співвідношення жиру до протеїну у сирі Качотта і Канестрато було максимальним у віці 12 місяців, що перевищувало верхню межу типового співвідношення в обох випадках і свідчить про формування у цей період автентичних смакових характеристик цих сирів.

Вважають, що стадія дозрівання сиру сильно впливає на збільшення вмісту сухої речовини, розчинності азоту та зниження вмісту жиру в сирі, хоча в наших дослідженнях останнє не підтверджено. Термін дозрівання пов'язаний із властивостями плавлення та твердістю сиру [107]. Зі збільшенням терміну дозрівання сиру Качотта до 12-ти місяців і старше його

твердість знижувалась, тоді як в сирі Канестрато такої закономірності не відмічали, що пов'язано з різною інтенсивністю втрати води цими сирами під час дозрівання. Показано, що сир, виготовлений з козиного молока, має погану кінетику сичужного процесу, яка пояснює його меншу твердість і більшу крихкість [172]. При цьому необхідно зазначити, що твердість сирів Качотта і Канестрато була розрахована згідно національних нормативних документів, і, можливо, не відображає особливості сирів тривалого терміну дозрівання, який становить 12 місяців і більше, і характерне для сирів типу Пармезан. Такі сири відносяться до надтвердих, маючи крихку структуру [39]. Дослідження сирів Копе з терміном дозрівання 187 днів узгоджуються з нашими результатами досліджень і свідчать, що термін дозрівання сирів впливає на їх хімічний склад і сенсорні властивості.

За терміном дозрівання сири ділять на три групи: ранньостиглі сири з солоним смаком, запахом від воскоподібного до сирного та гумовою консистенцією, середньостиглі сири з солодким смаком і сирним запахом і старостиглі сири з гірким смаком, сирним або різким запахом, твердою та крихкою текстурою [48]. Сир Качотта на стадіях дозрівання 10 діб і один місяць і Канестрато на стадіях дозрівання 10 діб і 3 місяці набували сенсорних характеристик, які були подібними до ранньостиглих сирів за винятком солоного смаку. Сир Качотта у віці 12 і 24 місяці і сир Канестрато у віці 12 місяців більшою мірою відповідали характеристикам старостиглих сирів.

Сири також діляться за вмістом вологи на 3 класи: тверді з вмістом вологи <35%, напівтверді з вмістом вологи 35–45% і м'які з вмістом вологи >45% [96]. Bintsis (2021) [19] поділяє сири за вмістом вологи на сім категорій, а саме:

- 1) тверді (вміст вологи менше 43%);
- 2) напівтверді (вміст вологи 44–55%);
- 3) м'які (вологість понад 56%), до яких входять м'які макарони-філата та сироваткові сири;
- 4) сири білі сольові;

- 5) сири поверхнево дозрілі;
- 6) сири поверхнево дозрілі бактеріально;
- 7) блакитні сири.

Сир Качотта віком 10 діб і один місяць, а також Канестрато віком 10 діб, 3 і 6 місяців можна віднести за вмістом вологи до напівтвердих сирів, але у віці 12 місяців і старше вони можуть класифікуватися як тверді. Подібну закономірність втрати вологи в козиних сирах під час дозрівання виявили і інші дослідники [60]. У цьому дослідженні вологість козиного сиру становила від 28,1 до 55,9%. Найнижчу вологість – 30,2% виявлено в сирі з терміном дозрівання та/або зберігання понад 60 днів, тоді як у свіжому сирі середня вологість становила 46,6%. Результати фізико-хімічного аналізу кустарного сиру Мінас Canastra показали, що вміст вологи в ньому коливався в ще нижчому діапазоні від 18,4 до 28,2%, вміст жиру в межах 20,5–40%, хлориду натрію – 0,9%, а величина рН становила 5,2–5,5 [10]. Подібні дані хімічного складу сирів, вироблених у Сіньцзяні (Китай) [178] вказують, що вологість таких сирів становила 23,2–59,2%, а вміст солі в них – 1,1–4,8%.

На хімічний склад сирів впливає маса головки, термін дозрівання, а також швидкість утворення кірки, яка захищає сир від випаровування вологи. Дослідження хімічного складу сиру Проволоне дель Монако, який отримують із сирого коров'ячого молока (Неаполь, Італія) показало, що вміст води у свіжовиготовленому сирі коливався в діапазоні від 43,8 до 47,0%. Зокрема, відсоток вологи у серцевині сиру масою 3 кг становив 46,2% а масою 5 кг – 47,0%, тоді як під кіркою – відповідно 43,8% і 45,8%. Найбільші втрати вологи спостерігалися в сирі на 90-ту добу дозрівання, коли її вміст зменшився до 40,0% і 42,9% у серцевині і до 31,6% і 36,9% під кіркою у сирах масою 3 кг і 5 кг відповідно. Після 90-та днів дозрівання втрата води сирами була менш помітною, ймовірно, через остаточне утворення кірки [97]. Наші дані не суперечать цим результатами, однак під час дозрівання сирів Качотта і Канестрато масою головки 2,3–2,5 кг найбільші втрати вологи відмічали на 12-й місяць дозрівання. Разом з тим інтенсивність втрати вологи в сирі Качотта

на 12-й місяць дозрівання була вищою в середньому на 10,4% ніж у сирі Канестрато, що може бути пов'язано з особливостями утворення захисної кірки.

Концентрація мінеральних речовин у сирі залежить від походження і купажу молока, рецептури виготовлення сиру і вмісту вологи, що може суттєво відрізнити сири одного й того ж найменування за різних технологій виробництва [41]. Вважають, що на мінеральний склад сирів впливає вміст кухонної солі. Сіль не тільки сприяє солоності сиру, але також може посилити інтенсивність його смаку. Крім того, вона може приглушити небажаний присмак, наприклад, гіркоту [108]. Загальний вміст мінеральних речовин значно збільшився, коли вологість сиру зменшилася [96]. Аналіз мінерального складу сиру Качотта підтверджує збільшення вмісту мінеральних речовин у вигляді золи при зниженні вологості сиру, тоді як вміст золи у сирі Канестрато протягом всього періоду дозрівання не відрізнявся на фоні повільної втрати вологи.

Мікробіом може впливати на смак або колір сиру через секрецію летких речовин або біосинтез пігментів [171]. Зміни забарвлення кірки і серцевини сирів Качотта і Канестрато, які ми відмічали в процесі їх дозрівання, ймовірно, викликані ферментативними процесами, які відбуваються за участю мікробіому а також кліщів *A. siro*, популяція яких населяє поверхню головок сирів починаючи з 6-тимісячного віку. Особливо ці зміни помітні для сирів тривалого терміну дозрівання – 12 місяців і більше.

Вміст жирних кислот у козиних сирах згідно літературних даних коливається в наступних межах: НЖК – від 58% до 74%, КЖК – від 11,2% до 37,0%, МНЖК – від 19,7% до 31,4%, ПНЖК, зокрема $\omega 3$ – від 0,3% до 1,3% та $\omega 6$ – від 1,4% до 7,0%, кон'югованої ліноленової кислоти – від 0,1% до 1,0% [157, 169]. Подібні результати отримано Manuelian et al. (2017) [96], а також Popović-Vranješ et al. (2017) [130], які встановили, що найбільш стабільними жирними кислотами з найменшими відхиленнями в козиному сирі були капринова (C10:0), пальмітинова (C16:0) і стеаринова (C18:0). В даному

дослідженні козиний сир містить 15,1% коротколанцюгових жирних кислот (КЖК), які є корисними для здоров'я людини, особливо капронової (C6:0), каприлової (C8:0) і капринової (C10:0). Ці жирні кислоти відповідають за особливі сенсорні властивості та кращу засвоюваність жиру козиного молока [18]. Виявлено [126], що овечий і козиний сири майже не відрізняються за вмістом коротколанцюгових жирних кислот (КЖК) ($14,7 \pm 2,5\%$ і $14,8 \pm 2,8\%$ відповідно), тоді як сирах з коров'ячого молока їх частка становить $9,4 \pm 0,9\%$.

Загальний вміст НЖК, МНЖК і ПНЖК в сирах Качотта і Канестрато протягом всього періоду дозрівання не виходить за вище вказані межі, однак вміст КЖК нижчий зазначеного діапазону для сиру з козиного молока і наближається до сиру з коров'ячого молока. Що стосується вмісту НЖК у козиних сирах Качотта і Канестрато, то пальмітинова C16:0 і стеаринова C18:0 є домінуючими, дещо нижчий вміст виявлено капринової (10:0) і міристинової (14:0) протягом всього періоду дозрівання.

Профіль жирних кислот молока і продуктів його переробки пов'язаний з раціоном годівлі кіз [83] і залежить від пропорцій жирних кислот у компонентах раціону та мікробної активності рубця. Згідно з Регламентом Комісії ЄС (2010) харчові продукти є джерелом $\omega 3$ жирних кислот лише за вмісту 0,3 г/100 г альфа-ліноленової кислоти, а харчовий продукт має високий вміст $\omega 3$ жирних кислот за вмісту щонайменше 0,6 г/100 г цієї кислоти. За вмісту жиру в сирі Качотта від 27% до 36%, а в сирі Канестрато – від 31% до 35% частка альфа-ліноленової кислоти коливається в межах від 0,2% до 0,5% та від 0,3% до 0,5% відповідно, що свідчить про високу інтенсивність її синтезу, зокрема за рахунок молочнокислих бактерій у процесі дозрівання сирів [75], і дозволяє вважати обидва сири джерелом цієї жирної кислоти.

Отримані значення $\omega 3$ ПНЖК в козиних сирах Качотта і Канестрато знаходиться в діапазоні рекомендованому ФАО (2010), який становить 0,25–2 г/добу. Функції $\omega 6$ жирних кислот включають зниження вмісту холестеролу ліпопротеїнів низької щільності у крові людини, що дозволяє здійснювати контроль факторів ризику захворювань серцево-судинної системи [93]. Вміст

$\omega 6$ ПНЖК: 0,8–1,6 г/100 г сиру Качотта і 1,0–1,5 г/100 г сиру Канестрато знаходиться нижче діапазону, рекомендованого ФАО (2010), який становить 4,4–6,7 г/добу.

В раціоні харчування людини вважають оптимальним співвідношення $\omega 3/\omega 6$ ПНЖК на рівні 4:1 – 1:1 [4] і для досягнення його необхідно враховувати співвідношення окремих харчових продуктів [70, 147]. Аналіз цього співвідношення у сирах Качотта і Канестрато показав, що воно близьке до ідеального майже протягом всього періоду їх дозрівання.

Наші дослідження узгоджуються з даними, отриманими Paszczyk & Łuczyńska (2020) [126], які підтверджують у козиних сирах наявність високого вмісту $\omega 3$ ПНЖК на фоні низького значення індексу тромбогенності порівняно з овечими та коров'ячими сирами. У цьому дослідженні зазначено, що коров'ячий, овечий та козиний сири характеризуються подібними значеннями гіпохолестеринемічного/гіперхолестеринемічного (Б/Г) співвідношення. Виявлено особливості зміни індексу атерогенності (ІА) та величини співвідношення Б/Г залежно від виду молочного жиру (тверді, м'які сири та вершкове масло) [125]), а також сезону виробництва молока [128]. Необхідно відмітити, що співвідношення гіпохолестеринемічних/гіперхолестеринемічних (Б/Г) жирних кислот у сирах Качотта і Канестрато нижче ніж у грудному молоці жінок [134], що свідчить про їх високі дієтичні характеристики.

Вважають, що інтенсивність ліполізу вища під час дозрівання сирів виготовлених з сирого молока порівняно з пастеризованим [74]. Ліполіз внаслідок метаболізму мікробіоти відбувається через системи естерази/ліпази молочнокислих і пропіоновокислих бактерій, незакваскових молочнокислих бактерій, поверхневих мікроорганізмів, дріжджів і цвілі. Естерази із закваскових і незакваскових мікроорганізмів каталізують вивільнення коротколанцюгових жирних кислот з молочного жиру і синтез коротколанцюгових етилових ефірів. Крім того, під час ліполізу деякі

біоактивні ліпіди, такі як кон'югована ліолева і ліоленова кислоти, можуть вироблятися ферментами ізомеразно-десатуразного комплексу [158].

Індекс атерогенності у сирах з коров'ячого молока залежить від сезону виробництва [69]. Для ліпідів тваринного походження рекомендований індекс атерогенності становить від 0,5 до 1,0 [143]. Що стосується ІА жиру сирів Качотта і Канестрато, то він залежить від терміну їх дозрівання і в обох сирах перевищує вказану величину протягом всього періоду дозрівання. Атерогенний індекс поряд з тромбогенним характеризують вплив жирів харчових продуктів на ризик серцево-судинних захворювань. Чим вище значення цих індексів, тим вище ризик виникнення і прояву серцевої патології. Молочні продукти з нижчими значеннями АІ можуть знизити рівень загального холестеролу та холестеролу ліпопротеїнів низької щільності у плазмі крові людини [49]. В нашому випадку ІА нижчий у сирі Качотта ніж у сирі Канестрато, що може бути враховано при виборі здорового харчування для людей схильних до гіперхолестеролемії.

Δ^9 десатуразний індекс (C_{14}) сирів Качотта і Канестрато залежав від технології їх виготовлення і віку. Δ^9 десатуразний індекс (C_{14}) сиру Качотта протягом терміну дозрівання знижується, тоді як сиру Канестрато, навпаки – зростає, що пов'язано зі зміною їх хімічного і мікробного складу та процесів протеолізу і ліполізу. Низький рівень активності цього ферменту може бути спричинений зміною мікросередовища сиру (наприклад, вологість або рН), а також наявністю антибактеріальних компонентів [14, 15].

Вважають, що вміст бажаних гіпохолестеринемічних жирних кислот (БЖК) і гіперхолестеринемічних жирних кислот (ГЖК) в молочному жирі залежить від сезону його виробництва [84]. У жирі сирів Качотта і Канестрато рівень цих жирних кислот коливається протягом терміну їх дозрівання, а закономірність їх динаміки відрізняється.

Прийнято вважати, що сир, виготовлений із сирого молока, дозріває по-іншому та має більш інтенсивний смак, ніж сир, виготовлений із пастеризованого молока. Основними характеристиками сирів із сирого молока

є те, що їх виробництво та дозрівання здійснюються складною мікробною спільнотою, яка формує кінцевий мікробіом сиру [19].

Чисельність і видовий склад мікроорганізмів сирого козиного молока як сировини для виробництва сиру залежить від гігієни і технології його виробництва. Вказують [71], що на дрібних козиних фермах в Нідерландах в сирому молоці домінують типи Firmicutes, Actinobacteria, Proteobacteria та незначною мірою Bacterioidota, що становить 90% від загальної чисельності бактерій. Домінуючими родами сирого козиного молока були *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Lactococcus*, *Microbacteria*, *Acinetobacteria* та *Corinebacteria*. Склад мікробіоти козиного молока в різних господарствах досить сильно варіював, що визначає мікробний склад продуктів його переробки, зокрема сиру. Залежно від мікробного і хімічного складу молока формується його структура, смак і аромат.

При цьому закваски молочнокислих культур, які вносяться в молоко під час виготовлення сирів, виконують стартову роль для запуску ферментативних процесів, необхідних для формування умов для подальшого розвитку цілої низки різноманітних мікроорганізмів, які забезпечують їх дозрівання. Як видно з отриманих результатів досліджень вже на 10-ту добу дозрівання в сирі Качотта не виявляли мікроорганізмів, які складали основу заквасок *Lactobacillus lactis*, *Lactococcus cremoris*, *L. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, а в сирі Канестрато – *Streptococcus thermophilus*. Це свідчить про їх автоліз уже на ранніх етапах дозрівання сирів [173].

Чисельність МАФAM у козиних сирах Качотта та Канестрато формувалась за рахунок мікроорганізмів, які були в сирому молоці, і залежала від терміну їх дозрівання. При цьому протягом 12-ти місяців кількість МАФAM була достатньо стабільною і суттєво не відрізнялась від молодих сирів. Подальше дозрівання сиру Качотта до 24-х місяців сприяло зниженню чисельності МАФAM, що пов'язано зі зменшенням кількості молочнокислих бактерій, які домінують в структурі МАФAM сирів.

При цьому слід зазначити, що в молодому сирі Качотта віком 10 діб і один місяць представником молочнокислих бактерій був *Lactobacillus plantarum* чисельність якого в цей період досягала максимуму, а зі збільшенням віку сиру його не виділяли. У віці 12 місяців в сирі Качотта домінували два види незаквасочних молочнокислих бактерій: *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc pseudomesenteroides*, тоді як у віці 24 місяці – *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc mesenteroides*, які також найчастіше виявляються у крафтових французьких сирах [34], однак Dimov (2023) [45] їх не відносять до найбільш поширених мікроорганізмів сирів, виготовлених з сирого молока.

У сирі Канестрато видове різноманіття домінуючих видів молочнокислих бактерій під час дозрівання було подібним, але кількісно дещо нижчим ніж у сирі Качотта і характеризувалось лише наявністю одного виду бактерій, причому у віці від 10-ти діб до 3-х місяців це був *Leuconostoc mesenteroides*, у віці 6 місяців – *Leuconostoc pseudomesenteroides*, а у віці 12 місяців – *Lactobacillus plantarum*. Виявлення в сирах незаквасочних молочнокислих мікроорганізмів свідчить про їх молочне походження [132], а також з навколишнього середовища. Таке домінування в сирах різного віку певних видів молочнокислих бактерій пов'язують з низьким значенням рН, яке коливається від 4,8 до 5,4 і становить критичну перешкоду для росту патогенів. Цьому росту додатково перешкоджають органічні кислоти, що утворюються в результаті мікробного метаболізму, а також інші інгібіторні сполуки такі як бактеріоцини, на фоні зниження активності води, викликані додаванням солі та втратою вологи під час дозрівання сирів [118, 170].

Це узгоджується з аналогічними даними, отриманими під час виробництва молодого сиру Чеддер і пояснюється зниженням величини рН у процесі його дозрівання [16, 79]. Вважають, що природний штам *Lactobacillus plantarum* перспективний для внесення в молоко для виробництва пробіотичного сиру Chèvre [117].

Наші дані узгоджуються також з результатами аналізу традиційного італійського сиру Historic Rebel терміном дозрівання 3,5 місяців, виробленого

із сирого коров'ячого молока з додаванням 10% козиного під час літнього пасовища в Альпах. У цьому сирі домінували мікроорганізми типу Firmicutes (99% від усієї чисельності). Ядро мікробіоти сформовано родами *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* і *Pediococcus*, що становило 87,2–99,6% від їх загальної чисельності [165].

Наявність плісневих грибів було характерним для сиру Качотта лише у віці один місяць, тоді як у сирі Канестрато мікробіологічні процеси мали відмінності, що полягали у виявленні значної кількості плісневих грибів протягом всього періоду дозрівання, за винятком 6-місячного віку. Така значна чисельність плісневих грибів у сирах пов'язана з контамінацією їх спорами як сировини – молока, так і сиру під час виробництва, дозрівання і миття головок. Чисельність грибів залежить від вмісту вологи, її розподілу і вмісту солі в сирі [178]. Джерелом плісневих грибів є камери для дозрівання сирів, де створюється придатне середовище для росту грибів родів: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* і *Talaromyces* [9].

Спори плісневих грибів потрапляють в сири з внутрішнього обладнання сироварні, сирної дошки, повітря в камері дозрівання та рук і одягу персоналу. Кількість плісневих грибів, виділених у критичних контрольних точках виробництва сирів згідно даних, отриманих Kandasamy et al., (2020) [78], може досягати 986 ізолятів, які відносяться до типу Ascomycota (14 родів) та Basidiomycota (3 роди). З них *Penicillium*, *Aspergillus* і *Cladosporium* є найрізноманітнішими та домінуючими. У камерах для дозрівання сиру найбільше виділилися гриби роду *Penicillium* (76%), а *Aspergillus* – в поодиноких випадках. Серед 39 видів грибів ідентифіковано *Penicillium commune*, *P. oxalicum*, *P. echinulatum* і *Aspergillus versicolor*. Більшість видів цвілі, виявлених на поверхнях обладнання сироварні, були аналогічними до тих, що виділяли з повітря в камерах для дозрівання сиру.

Останніми роками мікробне різноманіття крафтових сирів вивчається дедалі ширше. Значна кількість суперечливих фактів свідчить одночасно про користь і шкідливість плісневих грибів у сирах. Тому є ряд досліджень,

направлених на знешкодження плісневих грибів у сироварнях шляхом дезінфекції [26], використання біоплівки для головок сиру [150] та біоконсервантів [81].

Багато нових досліджень були особливо зосереджені на виявленні та ідентифікації плісневих грибів, які розвиваються на кірці сиру. Це не дивно, враховуючи, що склад і велика кількість грибів на поверхні сиру може значно сприяти бажаним сенсорним якостям, водночас сприяючи дефектам, особливо під час дозрівання, і ризикам, пов'язаним із продукцією мікотоксинів [100]. Доведено, що мікробіота кірки використовує механізми конкуренції та/або шляхом запобігання колонізації сиру патобіонтами тваринного або екологічного походження. Основна мікробіота сирів з козиного молока незалежно від термінів дозрівання (від одного до 3 місяців) виділяла білки, характерні для мікроорганізмів родин Bacillaceae, Rhizobiaceae, Clostridiaceae, Streptococcaceae, Caulobacteriaceae, Moraxellaceae, Mycobacteriaceae, Paenibacillaceae, Pseudomonadaceae та Staphylococcaceae [161]. Крім того, роль основної мікробіоти у розвитку органолептичних властивостей сиру в основному виконували мікроорганізми родин Bacillaceae і Rhizobiaceae, які брали виняткову участь у розщепленні ліпідів, тоді як участь в процесах біосинтезу аргініну здебільшого здійснювався представниками родин Vibrionaceae і Enterobacteriaceae. Крім того, мікроорганізми родини Pseudomonadaceae були основними учасниками біосинтезу 7,8-дигдронеоптерину 3-трифосфату [161].

Дріжджі були компонентом мікробіому сиру Качотта лише у віці один місяць, тоді як у сирі Канестрато наявність дріжджів виявляли протягом всього періоду дозрівання, за винятком 6-місячного віку. Відомо, що витримані сири досягають поверхневого дозрівання та утворюють на своїй поверхні біоплівку, відому як сирна кірка. Кірка таких сирів складається із складної спільноти бактерій і грибів, які спільно відповідають за типові характеристики різних сортів сиру [42]. Поверхнєве дозрівання витриманих сирів починається безпосередньо після посолу з швидким заселенням їх

поверхні дріжджами. Спочатку домінуючі дріжджі стійкі до кислот і солей і здатні метаболізувати лактат, який виробляють закваски молочнокислих бактерій, і виробляти NH_3 з амінокислот. Обидва процеси призводять до різкого підвищення рН поверхні сиру. Цей так званий процес знекислення дає змогу створювати стійку до солі грампозитивну бактеріальну асоціацію, чутливу до дії кислоти. До дріжджів найбільш поширених в сирах відносяться *Debaryomyces hansenii* і *Geotrichum candidum*, але їх чисельність досягає 30 видів. Допускають, що в серцевині сиру ростуть лише дріжджі, які ферментують лактозу, наприклад, *Kluveromyces marxianus* [57]. Для одних типів сиру дріжджі є основною мікробною групою, принаймні для певного етапу їх дозрівання, тоді як для інших видів участь дріжджів у дозріванні не виявлена. Крафтові сири мають високу різноманітність видів дріжджів, які в основному належать до родів *Candida*, *Clavisporalus*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Issatchenkia*, *Kazachstania*, *Kluveromyces*, *Kodamaea*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Saturnispora*, *Torulaspora*, *Trichosporon*, *Yarrowia* та *Zygosaccharomyces* [19].

Дріжджі мають незамінний вплив на розвиток смаку та консистенції сиру через їхню розкислюючу, протеолітичну та/або ліполітичну активність [57, 146]. Ймовірно, відмінність щодо розвитку дріжджів у сирах Качотта і Канестрато обумовлює їх різну участь на різних етапах дозрівання цих сирів і забезпечує унікальні смакові і ароматичні характеристики.

Мікробіологічний скринінг з ідентифікацією MALDI-TOF сиру Качотта у віці 24 місяці і сиру Канестрато у віці 12 місяців показав наявність бактерій групи кишкової палички та ентерококів, які за більшістю видів були подібними, що пов'язано з мікробним спектром сирого козиного молока, яке використовувалося для їх виготовлення. Отримані результати досліджень узгоджуються з даними Psomas et al. (2023) [132], які досліджували сир виготовлений із сирого коров'ячого молока. При цьому переважаючим видом ентерококів у даному дослідженні був *Enterococcus faecalis*. *Enterococcus gallinarum*, *E. hirae*, *E. faecium*, *E. durans* і *E. faecalis*, які виділяли з сиру

Graviera на стадії дозрівання 90 діб. Наші результати також узгоджуються з результатами інших досліджень, де переважаючими видами ентерококів у сирах із сирого молока були *E. faecalis*, *E. faecium* та *E. durans* [168, 175].

Отримані нами результати також не суперечать даним Nelli et al. (2023) [115], які визначали мікробіоту в сирах Gidotyгі крафтового та промислового типів і встановили, що крафтові сири були більш різноманітними за складом і видами бактерій, що може слугувати можливими бактеріальними маркерами, специфічними для кожного сиру і придатними для потенційного застосування для відстеження автентичності виробничих процесів і якості сиру.

Не зважаючи на те, що під час дозрівання сирів Качотта і Канестрато не використовували спеціальну інокуляцію кліщів певного виду на поверхню їх головок, поява сирних кліщів, які ми ідентифікували як *Acarus siro* була характерна для сирів, термін дозрівання яких перевищував 6 місяців. Виявлення ознак життєдіяльності кліщів на поверхні сирної кірки, зокрема у вигляді порошкоподібної маси, яка складалася з решток кліщів і їх екскрементів, а також різних стадій розвитку кліщів і їх яєць на зрізах з кірки сирів свідчить про їх розмноження і поширення в камері дозрівання сирів [46].

Дані мікробіологічного скринінгу сирів тривалого терміну дозрівання Качотта та Канестрато свідчать, що молочнокислі бактерії, а також бактерії групи кишкової палички можуть мати подвійне походження: як з сирого козиного молока, так і з організму кліщів *Acarus siro*. Така гіпотеза підтверджується даними [73, 116], отриманими під час дослідження мікробіому популяції кліща *Tyrophagus putrescentiae* залежно від умов живлення. Бактеріальні профілі даних кліщів характеризуються наявністю родів *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Kocuria*, *Brevibacterium*, *Bartonella*, *Solitalea*, *Wolbachia* та мікроорганізмів родин Micrococcaceae і Enterobacteriaceae.

Таким чином, тверді крафтові сири Качотта і Канестрато, виготовлені з непастеризованого козиного молока характеризуються унікальними фізико-хімічними характеристиками, жирнокислотним профілем і мікробіомом, який є критерієм їх харчової цінності, безпечності, натуральності та автентичності.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі зроблено аналіз якості та безпечності крафтових твердих сирів Качотта і Канестрато з непастеризованого козиного молока у процесі дозрівання. Дослідженнями встановлено, що в сирі Качотта протягом 24-х місяців дозрівання та в сирі Канестрато протягом 12-ти місяців дозрівання відбувається зміна співвідношення хімічних компонентів, органолептичних і мікробіологічних характеристик. Визначено вміст вологи, жиру, протеїну, золи та жирних кислот, а також розраховано показники якості ліпідів у твердих сирах з непастеризованого козиного молока залежно від терміну дозрівання. Встановлено видовий склад мікроорганізмів, виявлено особливості динаміки чисельності і видового складу молочнокислих бактерій, а також ідентифіковано представника типу членистоногих – кліща, який приймає участь у формуванні кірки сиру.

1. Під час дозрівання до 24-х місяців у сирі Качотта знижується вміст вологи з 44,44 до 25,09%. Найбільша втрата вологи під час дозрівання сиру Качотта відбувається на 12-й місяць і складає 19,35– 20,12%. Вміст вологи в сирі Канестрато на 12-тий місяць дозрівання знижується з 37,97 до 33,54%. Найбільша втрата вологи в сирі Канестрато відбувається з 6-го до 12-го місяця дозрівання і складає 4,4%.
2. У процесі дозрівання сиру Качотта відбувається збільшення вмісту жиру з 26,96 до 36,53%, протеїну – з 23,76 до 33,21% і золи – з 3,45 до 4,28% на тлі зниження твердості з 60,84 до 39,53%. Вміст протеїну і золи в сирі Канестрато не залежить від терміну дозрівання, а вміст жиру збільшується лише у віці 12 місяців на 3,81%.
3. У сирі Качотта у процесі дозрівання формується тісто, структура якого зі збільшенням віку стає крихкою. Сир Канестрато характеризується пластичним однорідним тістом з різним розміром і розміщенням вічок на

зрізі залежно від віку. Зі збільшенням віку в обох сирах формується кірка від жовтого до бурштинового забарвлення.

4. Основними насиченими жирними кислотами сирів Качотта і Канестрато є пальмітинова, стеаринова, капринова і міристинова, які в сумі перевищують 55% всіх кислот. Частка коротколанцюгових жирних кислот в сирах Качотта і Канестрато коливається в межах від 7,9% до 10,2%, середьоланцюгових – 40,2–49,5%, а решта припадає на довголанцюгові жирні кислоти.
5. Ненасичені жирні кислоти сирів Качотта і Канестрато представлені олеїноюю і лінолевою, які в сумі становлять понад 25% всіх жирних кислот сиру.
6. Під час дозрівання сиру Качотта відбувається накопичення Σ ПНЖК на фоні зниження Δ^9 десатураційного індексу (C_{14}). Δ^9 десатураційний індекс (C_{14}) сиру Канестрато характеризується прямою залежністю від терміну його дозрівання. Термін дозрівання сирів Качотта і Канестрато суттєво впливає на динаміку індексу атерогенності і співвідношення гіпохолестеролемічних/гіперхолестеролемічних жирних кислот.
7. В сирах Качотта і Канестрато основною $\omega 3$ ПНЖК є ліноленова, $\omega 6$ ПНЖК – лінолева, а співвідношення $\omega 3$ ПНЖК/ $\omega 6$ ПНЖК знаходиться в діапазоні 2,8:1–4,6:1.
8. Чисельність МАФМ у сирі Качотта і Канестрато в основному формується за рахунок видового різноманіття молочнокислих бактерій і залежить від терміну дозрівання. Домінуючим видом молочнокислих бактерій сиру Качотта під час дозрівання на 10-ту добу і 1-й місяць є *Lactobacillus plantarum*, на 12-й місяць: *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc pseudomesenteroides* і на 24-й місяць: *Lactobacillus brevis* і *Leuconostoc mesenteroides*.
9. Плісеневі гриби і дріжджі виявлено лише в молодого сиру Качотта терміном дозрівання 1 місяць. У сирі Качотта віком 24 місяці до складу мікробіому входять представники родів *Escherichia* – *Escherichia coli*,

Enterobacter – *Enterobacter ludwigii*, *Enterococcus*: *Enterococcus durans*, *E. faecalis* та *E. hirae*.

10. У сирі Канестрато основу молочнокислих бактерій на 10-ту добу і на 3-й місяць дозрівання складав *Leuconostoc mesenteroides*, на 6-й місяць – *Leuconostoc pseudomesenteroides*, і на 12-й місяць – *Lactobacillus plantarum*. Для цього сиру характерною особливістю мікробіому є значна кількість плісневих грибів і дріжджів у всі періоди дозрівання за винятком 6-місячного терміну. У сирі Канестрато терміном дозрівання 12 місяців складі мікробіому виявлено представників родів *Enterobacter* – *Enterobacter cloacae*, *Bacillus* – *Bacillus cereus*, *Enterococcus*: *Enterococcus durans*, *E. hirae* і *E. faecalis*.
11. У сирах Качотта і Канестрато старше 6-тимісячного віку на кірці сиру виявлено кліща *Acarus siro*, який складає частину його біому.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для визначення критеріїв натуральності та автентичності твердих крафтових сирів з непастеризованого козиного молока Качотта та Канестрато необхідно використовувати їх фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики.
2. В процесі дозрівання твердих крафтових сирів Качотта і Канестрато необхідно здійснювати контроль чисельності популяції кліща *Acarus siro* на поверхні їх кірки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abdoul-Aziz, S. K. A., Zhang, Y., & Wang, J. (2021). Milk odd and branched chain fatty acids in dairy cows: a review on dietary factors and its consequences on human health. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 11(11), 3210. <https://doi.org/10.3390/ani11113210>
2. Adamska, A., & Rutkowska, J. (2014). Nieparzyste i rozgałęzione kwasy tłuszczowe w tłuszczu mlecznym-charakterystyka i właściwości prozdrowotne [Odd- and branched-chain fatty acids in milk fat-characteristic and health properties]. *Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej (Online)*, 68, 998–1007. (in Polish) <https://doi.org/10.5604/17322693.1118188>
3. Afshari, R., Pillidge, C.J., Dias, D.A., Osborn, A.M., & Gill, H. (2018). Cheesomics: the future pathway to understanding cheese flavour and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1512471>
4. Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Tiwari, R., Yattoo, M. I., Bhatt, P., Khurana, S. K., & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 9(8), 573. <https://doi.org/10.3390/ani9080573>
5. Alba, B. K., Stanhewicz, A. E., Dey, P., Bruno, R. S., Kenney, W. L., & Alexander, L. M. (2020). Controlled feeding of an 8-d, high-dairy cheese diet prevents sodium-induced endothelial dysfunction in the cutaneous microcirculation of healthy, older adults through reductions in superoxide. *The Journal of Nutrition*, 150(1), 55–63. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz205>
6. Aldeewan, A. B., Jaber, N. N., Abdulhameed, M. F., & Abbas, B. A. (2024). Microbial risk assessment of dairy products from retail marketplaces in Basrah province, Iraq. *Open Veterinary Journal*, 14(3), 779–786. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i3.4>

7. Anast, J.M., & Schmitz-Esser, S. (2020). The transcriptome of *Listeria monocytogenes* during co-cultivation with cheese rind bacteria suggests adaptation by induction of ethanolamine and 1,2-propanediol catabolism pathway genes. *PLoS One*, 15, e0233945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233945>
8. Anedda, R., Pardu, A., Korb, J. P., & Curti, E. (2021). Effect of the manufacturing process on Fiore Sardo PDO cheese microstructure by multi-frequency NMR relaxometry. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 140, 110079. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110079>
9. Anelli, P., Haidukowski, M., Epifani, F., Cimmarusti, M. T., Moretti, A., Logrieco, A., & Susca, A. (2019). Fungal mycobiota and mycotoxin risk for traditional artisan Italian cave cheese. *Food Microbiology*, 78, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.09.014>
10. Aragão, M. O., Evangelista, S. R., Passamani, F. R. F., Guimarães, J. P. M., Abreu, L. R., & Batista, L. R. (2022). Fungal community and physicochemical profiles of ripened cheeses from the Canastra of Minas Gerais, Brazil. *Journal of Food Science and Technology*, 59(12), 4685–4694. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05548-4>
11. Barbosa, M. F. de C., Correa, A. S., & Moraes, G. J. (2022). *Acarus siro* L. (Astigmatina: Acaridae): first confirmed record for Brazil based on morphological and molecular characterization. *Journal of Stored Products Research*, 97, 101958. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101958>
12. Bava, L., Zucali, M., Tamburini, A., Morandi, S., & Brasca, M. (2021). Effect of different farming practices on lactic acid bacteria content in cow milk. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 11(2), 522. <https://doi.org/10.3390/ani11020522>
13. Bayer, E. V., Novozhitskaya, Yu. N., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2017). Monitorynh zalyshkiv veterynarykh preparativ u kharchovykh produktakh [Monitoring of residues of veterinary preparations in food products].

- Ukrainian Journal of Ecology, 7(3), 251–257. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/2017_76
14. Bayer, E., Novozhitskaya, Y. N., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2017). Vyznachennia vmistu antybiotykyv i sulfanilamidnykh preparativ u molotsi skryninhovym metodom [Determination of the content of antibiotics and sulfanilamide drugs in milk by screening method]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7, 576–582. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/2017_163
 15. Bayer, O. V., Yaremchuk, O. S., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2017). Rozrobka ta validatsiia shvydkoho metodu vyznachennia antybiotykyv u molotsi za dopomohoiu ridynnoi khromatohrafii vysokoho tysku-tandemnoi mas-spektrometrii [The development and validation of a rapid method for the determination of antibiotics in milk by high-pressure liquid chromatography-tandem mass spectrometry]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 569–575. (in Ukrainian) https://doi.org/10.15421/2017_162
 16. Bergamini, C. V., Peralta, G. H., Milesi, M. M., & Hynes, E. R. (2013). Growth, survival, and peptidolytic activity of *Lactobacillus plantarum* I91 in a hard-cheese model. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5465–5476. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6567>
 17. Bernard, L., Bonnet, M., Delavaud, C., Delosi re, M., Ferlay, A., Foug re, H. & Graulet, B. (2018). Milk fat globule in ruminant: Major and minor compounds, nutritional regulation and differences among species. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120, 1700039. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700039>
 18. Bessa, M. E., Pereira Rodarte, M., Ot nio, M. H., Stringheta, P. C., de Oliveira, J. M., Barbosa, J. S., & Oliveira Pinto, M. A. (2016). Sensory perception of the fermented goat milk: potential application of the DSC method. *Food Science and Technology*, 36(3), 406–412. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.05315>
 19. Bintsis T. (2021). Yeasts in different types of cheese. *AIMS Microbiology*, 7(4), 447–470. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2021027>

20. Biolcati, F., Ferrocino, I., Bottero, M. T., & Dalmaso, A. (2021). Mycobiota composition of Robiola di Roccaverano cheese along the production chain. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1859. <https://doi.org/10.3390/foods10081859>
21. Blaya, J., Barzideh, Z., & LaPointe, G. (2018). Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3611–3629. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13345>
22. Bocquel, D., Marquis, R., Dromard, M., Salamin, P.-A., Rey-Siggen, J., Héritier, J., Kosińska-Cagnazzo, A., & Andlauer, W. (2016). Effect of flaxseed supplementation of dairy cows' forage on physicochemical characteristic of milk and Raclette cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 69, 129-136. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12235>
23. Bojanić-Rašović, M., Nikolić, N., Martinović, A., Katić, V., Rašović, R., Walzer, M., & Domig, K. (2013). Correlation between protein to fat ratio of milk and chemical parameters and the yield of semi-hard cheese. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29(1), 145-159. <https://doi.org/10.2298/BAH1301145B>
24. Bonczar, G., Filipczak-Fiutak, M., Pluta-Kubica, A., Duda, I., Walczycka, M., & Staruch, L. (2018). The range of protein hydrolysis and biogenic amines content in selected acid- and rennet-curd cheeses. *Chemicke Zvesti*, 72(10), 2599–2606. <https://doi.org/10.1007/s11696-018-0490-y>
25. Bonnet, S. I., Binetruy, F., Hernández-Jarguín, A. M., & Duron, O. (2017). The tick microbiome: why non-pathogenic microorganisms matter in tick biology and pathogen transmission. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7, 236. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00236>
26. Botondi, R., Lembo, M., Carboni, C., & Eramo, V. (2023). The use of ozone technology: an eco-friendly method for the sanitization of the dairy supply chain. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(5), 987. <https://doi.org/10.3390/foods12050987>
27. Bottari, B., Levante, A., Bancalari, E., Sforza, S., Bottesini, C., Prandi, B., De Filippis, F., Ercolini, D., Nocetti, M., & Gatti, M. (2020). The Interrelationship Between Microbiota and Peptides During Ripening as a Driver for Parmigiano

- Reggiano Cheese Quality. *Frontiers in Microbiology*, 11, 581658. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.581658>
28. Burgos, L. S., Pece, N., & Maldonado, S. (2021). Fatty acid composition and microstructure of ripened goat cheese. *Latin American Applied Research*, 51(1), 43–49. <https://doi.org/10.52292/j.laar.2021.166>
29. Cabiddu, A., Delgadillo-Puga, C., Decandia, M., & Molle, A. G. (2019). Extensive ruminant production systems and milk quality with emphasis on unsaturated fatty acids, volatile compounds, antioxidant protection degree and phenol content. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 9(10), 771. <https://doi.org/10.3390/ani9100771>
30. Canon, F., Nidelet, T., Gu' edon, E., Thierry, A., & Gagnaire, V. (2020). Understanding the mechanisms of positive microbial interactions that benefit lactic acid bacteria co- cultures. *Frontiers in Microbiology*, 11, 2088. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.02088>
31. Carafa, I., Stocco, G., Franceschi, P., Summer, A., Tuohy, K. M., Bittante, G., & Franciosi, E. (2019). Evaluation of autochthonous lactic acid bacteria as starter and non-starter cultures for the production of Traditional Mountain cheese. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 115, 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.069>
32. Carvalho, M.M., Filho, E.G.A., Silva, L.M.A., Martins, F.I.C.C., Matioli, A.L., Oliveira, E. E., Rodrigues, T.H.S., Ferreira, C.L.L.F., da Silva, N.M., Zocolo, G.J., & Lindner, J.D.D. (2020). Chemometric evaluation of the metabolites and volatile profiles of mite- ripened cheeses. *International Dairy Journal*, 110, 104806 <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104806>
33. Christie, W. W. (1982). *Lipid analysis: isolation, separation, identification, and structural analysis of lipids* (2nd ed). Pergamon Press. Oxford.
34. Cibik, R., Lepage, E., & Talliez, P. (2000). Molecular diversity of *Leuconostoc mesenteroides* and *Leuconostoc citreum* isolated from traditional french cheeses as revealed by RAPD fingerprinting, 16S rDNA sequencing and 16S rDNA

- fragment amplification. *Systematic and Applied Microbiology*, 23(2), 267–278. [https://doi.org/10.1016/s0723-2020\(00\)80014-4](https://doi.org/10.1016/s0723-2020(00)80014-4)
35. Cipolat-Gotet, C., Malacarne, M., Summer, A., Cecchinato, A., & Bittante, G. (2020). Modeling weight loss of cheese during ripening and the influence of dairy system, parity, stage of lactation, and composition of processed milk. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 6843–6857. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17829>
 36. Codex Alimentarius Commission. (1978). Codex general standard for cheese. Codex stan, 283.
 37. Cosetta, C.M., & Wolfe, B.E. (2020). Deconstructing and reconstructing cheese rind microbiomes for experiments in microbial ecology and evolution. *Current Protocols in Microbiology*, 56, e95 <https://doi.org/10.1002/cpmc.95>
 38. Czajkowska, A., & Szponar, B. (2018). Short chain fatty acids (SCFA), the products of gut bacteria metabolism and their role in the host. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine*, 72, 131-142. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.6468>
 39. D’Incecco, P., Limbo, S., Hogenboom, J., Rosi, V., Gobbi, S., & Pellegrino, L. (2020). Impact of extending hard-cheese ripening: a multiparameter characterization of Parmigiano Reggiano cheese ripened up to 50 months. *Foods*, 9(3), 268. <https://doi.org/10.3390/foods9030268>
 40. Danchuk, V. V., Ushkalov, V. O., Midyk, S. V., Vygovska, L. M., Danchuk, O. V., & Korniyenko, V. I. (2021). Milk lipids and subclinical mastitis. *Food Science and Technology*, 15(2), 26–41. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i2.2103>
 41. de Oliveira Filho, E. F., Miranda, M., Ferreiro, T., Herrero-Latorre, C., Castro Soares, P., & López-Alonso, M. (2022). Concentrations of essential trace and toxic elements associated with production and manufacturing processes in Galician cheese. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(15), 4938. <https://doi.org/10.3390/molecules27154938>
 42. De Respinis, S., Caminada, A., Pianta, E., Buetti-Dinh, A., Riva Scettrini, P., Petrini, L., Tonolla, M., & Petrini, O. (2023). Fungal communities on alpine

- cheese rinds in Southern Switzerland. *Botanical Studies*, 64(1), 6.
<https://doi.org/10.1186/s40529-023-00371-2>
43. Delgadillo-Puga, C., & Cuchillo-Hilario, M. (2021). Reviewing the benefits of grazing/browsing semiarid rangeland feed resources and the transference of bioactivity and pro-healthy properties to goat milk and cheese: obesity, insulin resistance, inflammation and hepatic steatosis prevention. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 11(10), 2942. <https://doi.org/10.3390/ani11102942>
44. Delgado, J., Álvarez, M., Cebrián, E., Martín, I., Roncero, E., & Rodríguez, M. (2023). Biocontrol of pathogen microorganisms in ripened foods of animal origin. *Microorganisms*, 11(6), 1578.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11061578>
45. Dimov, S. G. (2023). The controversial nature of some non-starter lactic acid bacteria actively participating in cheese ripening. *Biotech (Basel (Switzerland))*, 12(4), 63. <https://doi.org/10.3390/biotech12040063>
46. Dudynska, A. T., Romanko, V. O., Dudynsky, T. T., Karabiniuk, M. M. & Zhovnerchuk, O. V. (2023). Species diversity and distribution of synanthropic Acarid mites (Acariformes, Acaridia) in Transcarpathia. *Zoodiversity*, 57(4), 283–292, 2023. <https://doi.org/10.15407/zoo2023.04.283>
47. Duru, I. C., Laine, P., Andreevskaya, M., Paulin, L., Kananen, S., Tynkkynen, S., Auvinen, P., & Smolander, O. P. (2018). Metagenomic and metatranscriptomic analysis of the microbial community in Swiss-type Maasdam cheese during ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 281, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.017>
48. Esmailzadeh, P., Ehsani, M. R., Mizani, M., & Givianrad, M. H. (2021). Characterization of a traditional ripened cheese, Kurdish Kope: Lipolysis, lactate metabolism, the release profile of volatile compounds, and correlations with sensory characteristics. *Journal of Food Science*, 86(8), 3303–3321.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15830>
49. Fehily, A. M., Pickering, J. E., Yarnell, J. W., & Elwood, P. C. (1994). Dietary indices of atherogenicity and thrombogenicity and ischaemic heart disease risk:

- the Caerphilly prospective study. *British Journal of Nutrition*, 71(2), 249–257.
<https://doi.org/10.1079/bjn19940131>
50. Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497–509.
51. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2017). *Microbiology of cheese ripening*. in: *fundamentals of cheese science*. Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_11
52. Franceschi, P., Brasca, M., Malacarne, M., Formaggioni, P., Faccia, M., Natrella, G., & Summer, A. (2021). Effects of the cooling temperature at the farm on milk maturation and cheesemaking process in the manufacture of Parmigiano Reggiano PDO cheese. *Animals*, 11(10), 2835.
<https://doi.org/10.3390/ani11102835>
53. Franceschi, P., Malacarne, M., Formaggioni, P., Cipolat-Gotet, C., Stocco, G., & Summer, A. (2019). Effect of Season and Factory on Cheese-Making Efficiency in Parmigiano Reggiano Manufacture. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(8), 315. <https://doi.org/10.3390/foods8080315>
54. Franceschi, P., Malacarne, M., Formaggioni, P., Faccia, M., & Summer, A. (2020). Quantification of the effect of the cattle breed on milk cheese yield: Comparison between Italian Brown Swiss and Italian Friesian. *Animals*, 10(8), 1331. <https://doi.org/10.3390/ani10081331>
55. Franciosi, E., De Sabbata, G., Gardini, F., Cavazza, A., & Poznanski, E. (2011). Changes in psychrotrophic microbial populations during milk creaming to produce Grana Trentino cheese. *Food Microbiology*, 28(1), 43–51.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.08.003>
56. Fréтин, M., Martin, B., Buchin, S., Desserre, B., Lavigne, R., Tixier, E., Cirié, C., Bord, C., Montel, M. C., Delbès, C., & Ferlay, A. (2019). Milk fat composition modifies the texture and appearance of Cantal-type cheeses but not their flavor. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1131–1143.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15534>

57. Fröhlich-Wyder, M.-T., Arias-Roth, E., & Jakob, E. (2019). Cheese yeasts. *Yeast*, 36, 129–141. <https://doi.org/10.1002/yea.3368>
58. Fusco, V., Chieffi, D., Fanelli, F., Logrieco, A.F., Cho, G.-S., Kabisch, J., Bohnlein, C., & Franz, C.M.A.P. (2020). Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 2013–2049. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12568>
59. Fusco, V., Quero, G. M., Poltronieri, P., Morea, M., & Baruzzi, F. (2019). Autochthonous and probiotic lactic acid bacteria employed for production of "Advanced Traditional Cheeses". *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(9), 412. <https://doi.org/10.3390/foods8090412>
60. Gámbaro, A., González, V., Jiménez, S., Arechavaleta, A., Irigaray, B., Callejas, N., Grompone, M., & Vieitez, I. (2017). Chemical and sensory profiles of commercial goat cheeses. *International Dairy Journal*, 69, 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.01.009>
61. George, F., Daniel, C., Thomas, M., Singer, E., Guilbaud, A., Tessier, F. J., Revol-Junelles, A. M., Borges, F., & Foligné, B. (2018) Occurrence and dynamism of lactic acid bacteria in distinct ecological niches: A multifaceted functional health perspective. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2899. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02899>
62. [Goat milk products and their safety. 2016 In book: Dairy Goat Production Handbook Edition: 1st Chapter: Chapter 24 Publisher: Langston University Editors: R.C. Merkel, T.A. Gipson, T. Sahlu](#)
63. Gobbetti, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Neviani, E., Fox, P.F., & De Angelis, M. (2018). Drivers that establish and assembly the lactic acid bacteria biota in cheeses. *Trends in Food Science & Technology* 78, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.010>
64. Gómez-Cortés, P., Juárez, M., & de la Fuente, M. A. (2018). Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>

65. Guiti'an, M.V., Iburguren, C., Soria, M.C., Hovanyecz, P., Banchio, C., & Audisio, M.C. (2019). Anti-*Listeria monocytogenes* effect of bacteriocin-incorporated agar edible coatings applied on cheese. *International Dairy Journal*, 97, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.05.016>
66. Guzzon, R., Carafa, I., Tuohy, K., Cervantes, G., Verneti, L., Barmaz, A., Larcher, R., & Franciosi, E. (2017). Exploring the microbiota of the red-brown defect in smear-ripened cheese by 454-pyrosequencing and its prevention using different cleaning systems. *Food Microbiology*, 62, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.018>
67. Hanuš, O., Křížová, L., Samková, E., Špička, J., Kučera, J., Klimešová, M., Roubal, P., & Jedelská, R. (2016). The effect of cattle breed, season and type of diet on the fatty acid profile of raw milk. *Archives Animal Breeding*, 59(3), 373–380. <https://doi.org/10.5194/aab-59-373-2016>, 2016
68. Hayaloglu, A. A., Tolu, C., & Yasar, K. (2013). Influence of goat breeds and starter culture systems on gross composition and proteolysis in Gokceada goat cheese during ripening. *Small Ruminant Research*, 113(1), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.03.001>
69. Hirigoyen, D., De Los Santos, R., Calvo, M. F., González-Revello, A., & Constantin, M. (2018). Chemical composition and seasonal changes in the fatty acid profile of Uruguayan “Colonia” Cheeses. *Grasas y Aceites*, 69(2), e254. <https://doi.org/10.3989/gya.1217172>
70. Honchar, V., Iakubchak, O., Shevchenko, L., Midyk, S., Korniyenko, V., Kondratiuk, V., Rozbytska, T., Melnik, V., & Kryzhova, Y. (2022). The effect of astaxanthin and lycopene on the content of fatty acids in the yolks of chicken eggs under different storage regimes. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 473–489. <https://doi.org/10.5219/1774>
71. Hoving-Bolink, R. A. H., Antonis, A. F. G., Te Pas, M. F. W., & Schokker, D. (2023). An observational study of the presence and variability of the microbiota composition of goat herd milk related to mainstream and artisanal farm

- management. *PloS One*, 18(10), e0292650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292650>
72. Hovjecki, M., Miloradovic, Z., Barukčić, I., Blažić, M., & Miocinovic, J. (2022). Rheological properties of goat milk coagulation as affected by rennet concentration, pH and temperature. *Fermentation*, 8, 291. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060291>
73. Hubert, J., Nesvorna, M., Green, S. J., & Klimov, P. B. (2021). Microbial communities of stored product mites: variation by species and population. *Microbial Ecology*, 81(2), 506–522. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01581-y>
74. Ioannidou, M. D., Maggira, M., & Samouris, G. (2022). Physicochemical characteristics, fatty acids profile and lipid oxidation during ripening of graviera cheese produced with raw and pasteurized milk. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14), 2138. <https://doi.org/10.3390/foods11142138>
75. Iorizzo, M., Di Martino, C., Letizia, F., Crawford, T. W., Jr, & Paventi, G. (2024). Production of conjugated linoleic acid (CLA) by *Lactiplantibacillus plantarum*: A review with emphasis on fermented foods. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(7), 975. <https://doi.org/10.3390/foods13070975>
76. Ivanova, A., & Hadzhinikolova, L. (2015). Evaluation of nutritional quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) lipid through fatty acid ratios and lipid indices. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1). 180–185.
77. Kahi, A. K., & Wasike, C. B. (2019). Dairy goat production in sub-Saharan Africa: current status, constraints and prospects for research and development. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1266–1274. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0377>
78. Kandasamy, S., Park, W. S., Yoo, J., Yun, J., Kang, H. B., Seol, K. H., Oh, M. H., & Ham, J. S. (2020). Characterisation of fungal contamination sources for use in quality management of cheese production farms in Korea. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(6), 1002–1011. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0553>

79. Khan, A., Nadeem, M., Al-Asmari, F., Imran, M., Ambreen, S., Rahim, M. A., Oranab, S., Esatbeyoglu, T., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023). Effect of *Lactiplantibacillus plantarum* on the conversion of linoleic acid of vegetable oil to conjugated linoleic acid, lipolysis, and sensory properties of Cheddar cheese. *Microorganisms*, 11(10), 2613. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11102613>
80. Kim, J. H., Kwon, O. J., Choi, N. J., Oh, S. J., Jeong, H. Y., Song, M. K., Jeong, I., & Kim, Y. J. (2009). Variations in conjugated linoleic acid (CLA) content of processed cheese by lactation time, feeding regimen, and ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(8), 3235–3239. <https://doi.org/10.1021/jf803838u>
81. Kim, J. H., Lee, E. S., Kim, B. M., Ham, J. S., & Oh, M. H. (2023). Simple purification and antimicrobial properties of bacteriocin-like inhibitory substance from *Bacillus species* for the biopreservation of cheese. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(1), 10. <https://doi.org/10.3390/foods13010010>
82. Kliks, J., Białoobrzycka, Z., Krzyszkowska, M., Korycka-Korwek, J., Ciepłiński, M., & Kasprzak, M. (2022). The aroma composition of Koryciński cheese ripened in different temperatures. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(24), 8745. <https://doi.org/10.3390/molecules27248745>
83. Klir, Ž., Antunović, Z., & Novoselec, J. (2012). Influence of goats feeding on the fatty acids content in milk. *Mljekarstvo*, 62(4), 231–240.
84. Kolarič, L., Kántorová, P., & Šimko, P. (2022). β -Cyclodextrin as the key issue in production of acceptable low-cholesterol dairy products. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(9), 2919. <https://doi.org/10.3390/molecules27092919>
85. Kukhtyn, M., Arutiunian, D., Pokotylo, O., Kravcheniuk, K., Salata, V., Horiuk, Y., Karpyk, H., & Dalievska, D. (2024). Microbiological characteristics of hard cheese with flax seeds. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 281–296. <https://doi.org/10.5219/1956>
86. Kupczyński, R., Pacyga, K., Lewandowska, K., Bednarski, M., & Szumny, A. (2024). Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen

- fermentation. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 14(11), 1706. <https://doi.org/10.3390/ani14111706>
87. Lešić, T., Pleadin, J., Krešić, G., Vahčić, N., Markov, K., Vrdoljak, M., & Frece, J. (2016). Chemical and fatty acid composition of cow and sheep milk cheeses in a lamb skin sack. *Journal of Food Composition and Analysis*, 46, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.11.007>
88. Levak, S., Kos, I., Kalit, S., Špehar, I. D., Ljoljić, D. B., Rako, A., & Kalit, M. T. (2023). Sensory profile of semi-hard goat cheese preserved in oil for different lengths of time. *Sustainability*, 15(20), 14797. <https://doi.org/10.3390/su152014797>
89. Lipinski, K., Stasiewicz, M., Rafalowski, R., Kaliniewicz, J., & Purwin, C. (2012). Effect of milk production season on profile of fatty acids in milk fat. *Zywnosc-Nauka Technologia Jakosc*, 19(1), 72-80. <https://doi.org/10.15193/zntj/2012/80/072-080>
90. Lipkowitz, J. B., Ross, C. F., Diako, C., & Smith, D. M. (2018). Discriminating aging and protein-to-fat ratio in Cheddar cheese using sensory analysis and a potentiometric electronic tongue. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 1990–2004. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13820>
91. López-Expósito, I., Amigo, L., & Recio, I. (2012). A mini-review on health and nutritional aspects of cheese with a focus on bioactive peptides. *Dairy Science & Technology*, 5(92), 419-438. [10.1007/s13594-012-0066-5](https://doi.org/10.1007/s13594-012-0066-5)
92. Lozo, J., Topisirovic, L., & Kojic, M. (2021). Natural bacterial isolates as an inexhaustible source of new bacteriocins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(2), 477–492. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-11063-3>
93. Maki, K. C., Eren, F., Cassens, M. E., Dicklin, M. R., & Davidson, M. H. (2018). ω -6 Polyunsaturated fatty acids and cardiometabolic health: current evidence, controversies, and research gaps. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 9(6), 688–700. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy038>
94. Małkowska-Kowalczyk, M., Żulewska, J., Kruk, D., & Mieloch, A. (2024). Dynamic water profile in various type of cheese analysed by means of Nuclear

- Magnetic Resonance relaxometry. *Journal of Dairy Science*, S0022-0302(24)00901-9. Advance online publication. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24793>
95. Mansson, H. L. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research*, 52, 10.3402/fnr.v52i0.1821. <https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1821>
96. Manuelian, C. L., Currò, S., Penasa, M., Cassandro, M., & De Marchi, M. (2017). Characterization of major and trace minerals, fatty acid composition, and cholesterol content of Protected Designation of Origin cheeses. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3384–3395. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12059>
97. Manzo, N., Santini, A., Pizzolongo, F., Aiello, A., Marrazzo, A., Meca, G., Durazzo, A., Lucarini, M., & Romano, R. (2019). Influence of ripening on chemical characteristics of a traditional Italian cheese: Provolone del Monaco. *Sustainability*, 11, 2520. <https://doi.org/10.3390/su11092520>
98. Manzocchi, E., Martin, B., Bord, C., Verdier-Metz, I., Bouchon, M., De Marchi, M., Constant, I., Giller, K., Kreuzer, M., Berard, J., Musci, M., & Coppa, M. (2021). Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoors affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5285–5302. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19738>
99. Mao, S., Liu, Z., Tian, Y., Li, D., Gao, X., Wen, Y., Peng, T., Shen, W., Xiao, D., Wan, F., & Liu, L. (2023). Branched-long-chain monomethyl fatty acids: are they hidden gems? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(48), 18674–18684. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c06300>
100. Martin, J. G. P., & Cotter, P. D. (2023). Filamentous fungi in artisanal cheeses: A problem to be avoided or a market opportunity? *Heliyon*, 9(4), e15110. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15110>
101. Martini, S., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2020). Effect of ripening and in vitro digestion on the evolution and fate of bioactive peptides in Parmigiano-Reggiano cheese. *International Dairy Journal*, 105, 104668. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104668>

102. Mayo, B., Rodríguez, J., V'azquez, L., & Fl'orez, A.B. (2021). Microbial interactions within the cheese ecosystem and their application to improve quality and safety. *Foods* 10, 602, 1-28. <https://doi.org/10.3390/foods10030602>
103. Medeiros, E., Queiroga, R., Oliveira, M., Medeiros, A., Sabedot, M., Bomfim, M., & Madruga, M. (2014). Fatty acid profile of cheese from dairy goats fed a diet enriched with castor, sesame and faveleira vegetable oils. *Molecules* (Basel, Switzerland), 19(1), 992–1003. <https://doi.org/10.3390/molecules19010992>
104. Melkonian, C., Zorrilla, F., Kjærboelling, I., Blasche, S., Machado, D., Junge, M., Sørensen, K. I., Andersen, L. T., Patil, K. R., & Zeidan, A. A. (2023). Microbial interactions shape cheese flavour formation. *Nature Communications*, 14(1), 8348. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41059-2>
105. Melnyk, J. P., Smith, A., Scott-Dupree, C., Marcone, M. F., & Hill, A. (2010). Identification of cheese mite species inoculated on Mimolette and Milbenkase cheese through cryogenic scanning electron microscopy. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3461–3468. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2937>
106. Miller, B. A., & Lu, C. D. (2019). Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1219–1232. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0253>
107. [Młynek, K., Oler, A., Zielińska, K., Tkaczuk, J., Zawadzka, W. \(2018\). The effect of selected components of milk and ripening time on the development of the hardness and melting properties of cheese. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17\(2\), 133–140. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0549>](#)
108. Møller, K. K., Rattray, F. P., Bredie, W. L. P., Høier, E., & Ardö, Y. (2013). Physicochemical and sensory characterization of Cheddar cheese with variable NaCl levels and equal moisture content. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 1953–1971. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5524>
109. Morin, M., Pierce, E.C., & Dutton, R.J. (2018). Changes in the genetic requirements for microbial interactions with increasing community complexity. *eLife* 7, e37072. <https://doi.org/10.7554/elife.37072>

110. Mullen, G. R., & O'Connor, B. M. (2019). *Medical and Veterinary Entomology* (Third Edition), Academic Press, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00026-1>
111. Murtaza, M. A., Huma, N., Hayat, Z., Murtaza, M. S., & Meraj, A. (2014). Cheddar cheese from cow milk with elevated conjugated linoleic acid levels. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(8), 506–509. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-8-12>
112. Musiy, L. Y., Tsisaryk, O. Y., Slyvka, I. M., & Kushnir, I. I. (2020). Antagonistic activity of strains of lactic acid bacteria isolated from Carpathian cheese. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(4), 572-578. <https://doi.org/10.15421/022089>
113. Mylostyvyi, R., Izhboldina, O., Midyk, S., Gutyj, B., Marenkov, O., & Kozyr, V. (2023). The relationship between warm weather and milk yield in Holstein cows. *World's Veterinary Journal*, 13 (1), 134–143. <https://dx.doi.org/10.54203/scil.2023.wvj14>
114. Nájera, A. I., Nieto, S., Barron, L. J. R., & Albisu, M. (2021). A review of the preservation of hard and semi-hard cheeses: quality and safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9789. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189789>
115. Nelli, A., Venardou, B., Skoufos, I., Voidarou, C. C., Lagkouvardos, I., & Tzora, A. (2023). An insight into Goat cheese: the tales of Artisanal and industrial Gidotyri microbiota. *Microorganisms*, 11(1), 123. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010123>
116. Nesvorna, M., Bittner, V., & Hubert, J. (2019). The mite *Tyrophagus putrescentiae* hosts population-specific microbiomes that respond weakly to starvation. *Microbial Ecology*, 77(2), 488–501. <https://www.jstor.org/stable/48701854>
117. Ngamsomchat, A., Kaewkod, T., Konkit, M., Tragoolpua, Y., Bovonsombut, S., & Chitov, T. (2022). Characterisation of *Lactobacillus plantarum* of dairy-

- product origin for probiotic Chèvre cheese production. *Foods* (Basel, Switzerland), 11(7), 934. <https://doi.org/10.3390/foods11070934>
118. Nuñez, M., Calzada, J., & del Olmo, A. (2020). High pressure processing of cheese: Lights, shadows and prospects. *International Dairy Journal*, 100, 104558. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104558>
119. Nurliyani, Indratiningsih, Widodo, & Wahyuni, E. (2020). Quality of goat milk cheese with addition of rice bran oil ripened using *Lactobacillus casei* and *Streptococcus thermophilus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(1), 1-12 <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.1>
120. Osmari, E. K., Cecato, U., Macedo, F. A. F., & Souza, N. E. (2011). Nutritional quality indices of milk fat from goats on diets supplemented with different roughages. *Small Ruminant Research*, 98(1-3), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.030>
121. Özcan, E., Selvi, S. S., Nikerel, E., Teusink, B., Toksoy Öner, E., & Çakır, T. (2019). A genome-scale metabolic network of the aroma bacterium *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(7), 3153–3165. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09630-4>
122. Pappa, E. C., Kondyli, E., Bosnea, L., Malamou, E., & Vlachou, A.-M. (2022). Chemical, microbiological, sensory, and rheological properties of fresh goat milk cheese made by different starter cultures during storage. *Journal of Food Process Engineering*, 45(7), e13788. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13788>
123. Parente, E., Zotta, T., & Ricciardi, A. (2022). A review of methods for the inference and experimental confirmation of microbial association networks in cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 368, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109618>
124. Parodi, P.W. (2009). Has the association between saturated fatty acids, serum cholesterol and coronary heart disease been over emphasized? *International Dairy Journal*, 19(6-7), 345–361. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.001>

125. Paszczyk, B. (2022). Cheese and butter as a source of health-promoting fatty acids in the human diet. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 12(23), 3424. <https://doi.org/10.3390/ani12233424>
126. Paszczyk, B., & Łuczyńska, J. (2020). The comparison of fatty acid composition and lipid quality indices in hard cow, sheep, and goat cheeses. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(11), 1667. <https://doi.org/10.3390/foods9111667>
127. Paszczyk, B., Polak-Śliwińska, M., & Łuczyńska, J. (2019). Fatty acids profile, *trans* isomers, and lipid quality indices in smoked and unsmoked cheeses and cheese-like products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010071>
128. Paszczyk, B., Polak-Śliwińska, M., & Zielak-Steciwko, A. E. (2022). Chemical composition, fatty acid profile, and lipid quality indices in commercial ripening of cow cheeses from different seasons. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 12(2), 198. <https://doi.org/10.3390/ani12020198>
129. Penna, A. L. B., Gigante, M. L., & Todorov, S. D. (2021). Artisanal Brazilian cheeses-history, marketing, technological and microbiological aspects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(7), 1562. <https://doi.org/10.3390/foods10071562>
130. Popović-Vranješ, A., Pihler, I., Paskaš, S., Krstović, S., Jurakić, Ž., & Strugar K. (2017). Production of hard goat cheese and goat whey. *Mljekarstvo*, 67(3), 177–187. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0302>
131. Proust, L., Haudebourg, E., Sourabić, A., Pedersen, M., Besançon, I., Monnet, V., & Juillard, V. (2020). Multi-omics approach reveals how yeast extract peptides shape *Streptococcus thermophilus* metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(22), e01446-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.01446-20>
132. Psomas, E., Sakaridis, I., Boukouvala, E., Karatzia, M. A., Ekateriniadou, L. V., & Samouris, G. (2023). indigenous lactic acid bacteria isolated from Raw Graviera cheese and evaluation of their most important technological properties. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(2), 370. <https://doi.org/10.3390/foods12020370>

133. Pujato, S. A., Quiberoni, A., & Mercanti, D. J. (2019). Bacteriophages on dairy foods. *Journal of Applied Microbiology*, 126(1), 14–30. <https://doi.org/10.1111/jam.14062>
134. Purkiewicz, A., & Pietrzak-Fiećko, R. (2024). Determination of the fatty acid profile and lipid quality indices in selected infant formulas. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 29(9), 2044. <https://doi.org/10.3390/molecules29092044>
135. Quigley, L., O'Sullivan, O., Stanton, C., Beresford, T. P., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Cotter, P. D. (2013). The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(5), 664–698. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12030>
136. Radkowska, I. (2013). Effect of housing system and diet on the fatty acid, vitamin and macronutrient content of milk from Holstein-Friesian cows. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 40(2), 171-182
137. Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. (2018). Effect of goat and cow milk ratios on the physicochemical, rheological, and sensory properties of a fresh Panela cheese. *Journal of Food Science*, 83, 1862-1870. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14195>
138. Razali, M. F., Narayanan, S., Hazmi, N. A. M., Shah, N. N. A. K., Kamal, S. M. M., Fauzi, N. A. M., & Sulaiman, A. (2021). Minimal processing for goat milk preservation: Effect of high-pressure processing on its quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15590. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15590>
139. Riskó, T. C., & Csapó, Z. (2019). Goat keeping and goat milk products in human nutrition – review. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 13(1-2), 24–36. <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2019/1-2/3>
140. Rosario, I. L. D. S., Vieira, C. P., Barreto, L. S. M., Monteiro, N. B., Moreira, R. V. B. P., Salim, A. P., Lelis, C. A., Solca, M. D. S., Mano, S. B., Conte-Junior, C. A., & Costa, M. P. D. (2023). Artisanal goat *Coalho* cheese with cachaça as flavoring agent. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(10), 1945. <https://doi.org/10.3390/foods12101945>

141. Salazar, J. K., Carstens, C. K., Ramachandran, P., Shazer, A. G., Narula, S. S., Reed, E., Ottesen, A., & Schill, K. M. (2018). Metagenomics of pasteurized and unpasteurized gouda cheese using targeted 16S rDNA sequencing. *BMC Microbiology*, 18(1), 189. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1323-4>
142. Santamarina-García, G., Amores, G., López de Armentia, E., Hernández, I., & Virto, M. (2022). Relationship between the dynamics of gross composition, free fatty acids and biogenic amines, and microbial shifts during the ripening of Raw Ewe Milk-Derived Idiazabal cheese. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 12(22), 3224. <https://doi.org/10.3390/ani12223224>
143. Senso, L., Suarez, M. D., Ruiz-Cara, T., & Garcia-Gallego, M. (2007). On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Chemistry*, 101(1), 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.036>
144. Sepe, L., & Argüello, A. (2019). Recent advances in dairy goat products. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1306–1320. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0487>
145. Serrapica, F., Masucci, F., Di Francia, A., Napolitano, F., Braghieri, A., Esposito, G., & Romano, R. (2020). Seasonal variation of chemical composition, fatty acid profile, and sensory properties of a Mountain Pecorino cheese. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1091. <https://doi.org/10.3390/foods9081091>
146. Sevinc-Demircan, B., & Ozturkoglu-Budak, S. (2023). Use of yeast isolates of cheese origin as adjunct culture in Beyaz cheese: Influence on sensorial, textural and quality characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10), 2670–2680. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05791-3>
147. Shevchenko, L. V., Davydovych, V. A., Ushkalov, V. O., Midyk, S. V., & Mykhalska, V. M. (2020). The effect of astaxanthin and lycopene on the content of fatty acids in chicken egg yolks. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(4), 568–571. <https://doi.org/10.15421/022088>
148. Shimano, S., Hiruta, S. F., Shimizu, N., Hagino, W., Aoki, J. I., & OConnor, B. M. (2022). Do 'cheese factory-specific' mites (Acari: Astigmata) exist in the

- cheese-ripening cabinet? *Experimental & Applied Acarology*, 87(1), 49–65.
<https://doi.org/10.1007/s10493-022-00725-8>
149. Shimizu, N., OConnor, B. M., Hiruta, S. F., Hagino, W., & Shimano, S. (2022). Mite secretions from three traditional mite-ripened cheese types: are ripened French cheeses flavored by the mites (Acari: Astigmata)? *Experimental & Applied Acarology*, 87(4), 309–323. <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00734-7>
150. Silva, S. P. M., Teixeira, J. A., & Silva, C. C. G. (2023). Prevention of Fungal Contamination in Semi-Hard Cheeses by Whey-Gelatin Film Incorporated with *Levilactobacillus brevis* SJC120. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(7), 1396. <https://doi.org/10.3390/foods12071396>
151. Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K., & Viridi, J. S. (2015). MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in Microbiology*, 6, 791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
152. Slyvka, I. M., Tsisaryk, O. Y., Dronyk, G. V., & Musiy, L. Y. (2018). Strains of lactic acid bacteria isolated from traditional Carpathian cheeses. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(1), 62-68. <https://doi.org/10.15421/021808>
153. Smaoui, S., Tarapoulouzi, M., Agriopoulou, S., D'Amore, T., & Varzakas, T. (2023). Current state of milk, dairy products, meat and meat products, eggs, fish and fishery products authentication and chemometrics. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(23), 4254. <https://doi.org/10.3390/foods12234254>
154. Starkute, V., Lukseviciute, J., Klupsaite, D., Mockus, E., Klementaviciute, J., Rocha, J. M., Özogul, F., Ruzauskas, M., Viskelis, P., & Bartkiene, E. (2023). Characteristics of unripened cow milk curd cheese enriched with raspberry (*Rubus idaeus*), blueberry (*Vaccinium myrtillus*) and elderberry (*Sambucus nigra*) industry by-products. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(15), 2860. <https://doi.org/10.3390/foods12152860>
155. Summer, A., Formaggioni, P., Franceschi, P., Di Frangia, F., Righi, F., & Malacarne, M. (2017). Cheese as functional food: the example of Parmigiano

- Reggiano and Grana Padano. *Food Technology and Biotechnology*, 55(3), 277–289. <https://doi.org/10.17113/ftb.55.03.17.5233>
156. Summer, A., Franceschi, P., Formaggioni, P., & Malacarne, M. (2015). Influence of milk somatic cell content on Parmigiano-Reggiano cheese yield. *The Journal of Dairy Research*, 82(2), 222–227. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000102>
157. Szterk, A., Ofiara, K., Strus, B., Abdullaev, I., Ferenc, K., Sady, M., Flis, S., & Gajewski, Z. (2022). Content of health-promoting fatty acids in commercial sheep, cow and goat cheeses. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(8), 1116. <https://doi.org/10.3390/foods11081116>
158. Taboada, N., Van Nieuwenhove, C., Alzogaray, S. L., & Medina, R. (2015). Influence of autochthonous cultures on fatty acid composition, esterase activity and sensory profile of Argentinean goat cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.013>
159. Taormina, V. M., Unger, A. L., Schiksnis, M. R., Torres-Gonzalez, M., & Kraft, J. (2020). Branched-Chain Fatty Acids-An Underexplored Class of Dairy-Derived Fatty Acids. *Nutrients*, 12(9), 2875. <https://doi.org/10.3390/nu12092875>
160. Tekin, A., & Hayaloglu, A. A. (2023). Understanding the mechanism of ripening biochemistry and flavour development in brine ripened cheeses. *International Dairy Journal*, 137, 105508. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2022.105508>
161. Tilocca, B., Soggiu, A., Iavarone, F., Greco, V., Putignani, L., Ristori, M. V., Macari, G., Spina, A. A., Morittu, V. M., Ceniti, C., Piras, C., Bonizzi, L., Britti, D., Urbani, A., Figeys, D., & Roncada, P. (2022). The functional characteristics of Goat cheese microbiota from a One-Health perspective. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22), 14131. <https://doi.org/10.3390/ijms232214131>
162. Tomaszewska-Gras, J., Cais-Sokolińska, D., Bierzuńska, P., Kaczyński, Ł. K., Walkowiak, K., Baranowska, H. M. (2019). Behaviour of water in different

- types of goats' cheese. *International Dairy Journal*, 95, 18-24, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.015>
163. Toth, T., Mwau, P. J., Bazar, G., Andrassy-Baka, G., Hingyi, H., Csavajda, E., & Varga, L. (2019). Effect of feed supplementation based on extruded linseed meal and fish oil on composition and sensory properties of raw milk and ultra-high temperature treated milk. *International Dairy Journal*, 99, 104552. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104552>
164. Trani, A., Gambacorta, G., Loizzo, P., Cassone, A., & Faccia, M. (2016). Short communication: Chemical and sensory characteristics of Canestrato di Moliterno cheese manufactured in spring. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6080-6085, <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10899>
165. Turri, F., Cremonesi, P., Battelli, G., Severgnini, M., Brasca, M., Gandini, G., & Pizzi, F. (2021). High biodiversity in a limited mountain area revealed in the traditional production of Historic Rebel cheese by an integrated microbiota-lipidomic approach. *Scientific Reports*, 11(1), 10374. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89959-x>
166. Ulbricht, T. L., & Southgate, D. A. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* (London, England), 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m)
167. Uzun, P., Serrapica, F., Masucci, F., Assunta, B. C. M., Yildiz, H., Grasso, F., & Di Francia, A. (2020). Diversity of traditional Caciocavallo cheeses produced in Italy. *International Journal of Dairy Technology*, 73, 234-243. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12640>
168. Vandera, E., Kakouri, A., Koukkou, A. I., & Samelis, J. (2019). Major ecological shifts within the dominant nonstarter lactic acid bacteria in mature Greek Graviera cheese as affected by the starter culture type. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.014>
169. Vieitez, I., Irigaray, B., Callejas, N., González, V., Gimenez, S., Arechavaleta, A., Grompone, M., & Gámbaro, A. (2016). Composition of fatty acids and

- triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.010>
170. Vovkotrub, V., Iakubchak, O., Vovkotrub, N., Shevchenko, L., Lebedenko, T., HOLEMBOVSKA, N., Pylypchuk, O., & Omelian, A. (2024). Quality and safety of pork meat after cooling and treatment with lactic starters. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 439–452. <https://doi.org/10.5219/1954>
171. Walsh, A. M., Macori, G., Kilcawley, K. N., & Cotter, P. D. (2020). Meta-analysis of cheese microbiomes highlights contributions to multiple aspects of quality. *Nature Food*, 1(8), 500–510. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0129-3>
172. Wang, W., Jia, R., Hui, Y., Zhang, F., Zhang, L., Liu, Y., Song, Y., & Wang, B. (2023). Utilization of two plant polysaccharides to improve fresh goat milk cheese: Texture, rheological properties, and microstructure characterization. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 3900–3917. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22195>
173. Wilkinson, M. G., & LaPointe, G. (2020). Invited review: Starter lactic acid bacteria survival in cheese: New perspectives on cheese microbiology. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 10963–10985. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18960>
174. Xia, Y., Yuan, R., Weng, S., Wang, G., Xiong, Z., Zhang, H., Song, X., Liu, W., & Ai, L. (2020). Proteolysis, lipolysis, texture and sensory properties of cheese ripened by *Monascus fumeus*. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 137, 109657. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109657>
175. Yerlikaya, O., & Akbulut, N. (2020). *In vitro* characterisation of probiotic properties of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains isolated from raw milk and traditional dairy products. *International Journal of Dairy Technology* 73(1), 98–107. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12645>
176. Zabaleta, L., Albisu, M., & Barron, L. J. R. (2017). Volatile compounds associated with desirable flavour and off-flavour generation in ewe's raw milk

- commercial cheeses. *European Food Research and Technology*, 243, 1405-1414. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2851-0>
177. Zazharska, N., & Gramma, V. (2016). Comparative characteristic of milk quality of German white, Alpine and Anglo-nubian breeds of goats. *Scientific Horizons*, 19(1), 214-220.
178. Zhang, K., Zhang, Y., Li, S., Li, Y., Li, B., Guo, Z., & Xiao, S. (2022). Fungal diversity in Xinjiang traditional cheese and its correlation with moisture content. *Indian Journal of Microbiology*, 62(1), 47–53. <https://doi.org/10.1007/s12088-021-00967-x>
179. Zheng, H., Yde, C. C., Clausen, M. R., Kristensen, M., Lorenzen, J., Astrup, A., & Bertram, H. C. (2015). Metabolomics investigation to shed light on cheese as a possible piece in the French paradox puzzle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(10), 2830–2839. <https://doi.org/10.1021/jf505878a>
180. Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'Toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Felis, G. E., Gänzle, M. G., & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782–2858. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>
181. Zheng, X., Shi, X., & Wang, B. (2021). A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. *Frontiers in Microbiology*, 12, 703284. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703284>
182. Zotta, T., Ricciardi, A., Condelli, N., & Parente, E. (2022). Metataxonomic and metagenomic approaches for the study of undefined strain starters for cheese manufacture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(14), 3898–3912. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1870927>

183. ГОСТ 30518-97. Продукти харчові. Методи виявлення і визначення кількості бактерій групи кишкової палички (коліформних бактерій) [Чинний від 1998-04-16]. М.: ВНИИКОП, 1998, 7 с.
184. ДСТУ 6003:2008. Сири тверді. Загальні технічні умови [Чинний від 2019-12-01]. Київ Держспоживстандарт України, 2009, 12с.
185. ДСТУ 7006:2009. Молоко козине. Сировина. Технічні умови:.. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2010. – 12 с. – (Національний стандарт України)
186. ДСТУ 7354:2013. Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання. [Чинний від 2014-01-01]. К.: Мінекономрозвитку України, 2014, 38 с.
187. ДСТУ 7963:2015. Продукти харчові. Готування проб для мікробіологічних аналізів [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017, 9 с.
188. ДСТУ 7999:2015. Продукти харчові. Методи визначання молочнокислих бактерій. [Чинний від 2017-01-01]. К.: УкрНДНЦ, 2016, 45 с.
189. ДСТУ 8552:2015. Молоко та молочні продукти. Методи визначання вологи та сухої речовини [Чинний від 2017-01-01]. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016, 16 с.
190. ДСТУ ISO 2446:2019 Молоко. Визначення вмісту жиру (ISO 2446:2008, IDT) [Чинний від 2019-12-01]. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016, 16 с.
191. ДСТУ ISO 7954:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови з підрахунку дріжджів і мікроскопічних грибів. Техніка підрахування колоній, культивованих за температури 25<град>С (ISO 7954:1987, IDT) [Чинний від 2007-12-01]. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2007, 10 с.
192. ДСТУ ISO 8968-3:2005 (IDF 20-3:2004) ; Ч. 3 : Молоко. Визначення вмісту азоту. Метод із використанням блоку для спалювання (прискорений напівмікрометод) (ISO 8968-3:2004, IDT; IDF 20-3:2004, IDT) [Чинний від 2007-07-01],. К. : Держспоживстандарт України, 2008, 11 с.

193. ДСТУ ISO 936:2008. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT) [Чинний від 2008-09-01]. К.: Держспоживстандарт, 2007, 12 с.
194. Правила ветеринарно-санітарної експертизи молока і молочних продуктів та вимог щодо їх реалізації із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства N 558 ([z1627-12](#)) від 12.09.2012.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Статті у наукових виданнях,****включених до міжнародних наукометричних баз даних****Scopus та Web of Science Core Collection**

1. **Sadvari, V. Y.,** Shevchenko, L. V., Slobodyanyuk, N. M., Tupitska, O. M., Gruntkovskiyi, M. S., & Furman, S. V. (2024). Microbiome of craft hard cheeses from raw goat milk during ripening. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(3), 483–489. <https://doi.org/10.15421/022468> (*Sadvari V. Y., організовано та проведено дослідження мікробіому крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів досліджу. Shevchenko L. V. сформовано програму проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Slobodyanyuk N. M. узгодила вимоги редколегії журналу. Tupitska O. M. здійснила підбір літератури та нормативних документів за темою досліджень. Gruntkovskiyi M. S. виконав статистичну обробку отриманих результатів. Furman S. V. підготувала і оформила англійську редакцію статті*).
2. **Sadvari, V. Y.,** Shevchenko, L. V., Slobodyanyuk, N. M., Furman, S. V., Lisohurska, D. V., & Lisohurska, O. V. (2024). Chemical composition of craft hard cheeses from raw goat milk during the ripening process. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15(4), 666–673. <https://doi.org/10.15421/022496> (*Sadvari V. Y., організовано та проведено визначення хімічного складу крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів досліджу. Shevchenko L. V. організовано проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Slobodyanyuk N. M. узгодила вимоги редколегії журналу. Furman S. V. здійснила аналіз нормативних документів за темою досліджень. Lisohurska D. V. виконала статистичну обробку результатів досліджень. Lisohurska O. V. виконала редагування англійської редакції статті*).
3. **Sadvari, V. Y.,** Shevchenko, L. V., Midyk, S. V., Korniyenko, V. I., Slobodyanyuk, N. M., Pylypchuk, O. S., Naumenko, T. V., & Stetsiuk, I. M. (2025). Fatty acid profile of artisanal hard cheeses made from raw goat milk during the ripening process. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1), e25002. <https://doi.org/10.15421/0225002>(*Sadvari V. Y., організовано та проведено*

визначення жирнокислотного складу крафтових твердих сирів, узгоджено концепцію викладення матеріалів дослідю. Shevchenko L. V. організовано проведення експериментів, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Midyk S. V. виконано хроматографічний аналіз жирних кислот в сирах. Korniyenko V. I. організовано науковий і технічний супровід жирнокислотного аналізу сирів. Slobodyanyuk N. M. узгодила вимоги редколегії журналу. Pylypchuk O. S. здійснила аналіз нормативних документів за темою досліджень. Naumenko T. V. виконала статистичну обробку результатів досліджень. Stetsiuk I. M. виконала редагування англомовної редакції статті).

Тези наукових доповідей:

4. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В.** (2024). Мікробний склад крафтового твердого сиру Качотта з козиного молока в процесі дозрівання. «Єдине здоров'я – 2024»: матеріали Міжнародної наукової конференції, 19-20 вересня 2024 р., м. Київ, 96–97. <https://nubip.edu.ua/node/152384> (Садварі В.Ю. проведено дослідження мікробного складу сиру Качотта, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).
5. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В.** (2024). Мікробний склад крафтового твердого сиру Канестрато з козиного молока. Науковий прогрес у тваринництві та птахівництві: матеріали XVI Всеукр. наук.- практ. конф. молодих вчених, 20 вересня 2024 р., м. Харків, 37-38. <https://lfi-naas.org.ua/materialy-hvii-vseukrayinskoyi-naukovo-praktychnoyi-konferentsiyi-molodyh-vchenyh-20-veresnya-2024-r/> (Садварі В.Ю. проведено дослідження мікробного складу сиру Канестрато, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).
6. Шевченко, Л., & **Садварі, В.** (2024). Мікробний склад крафтового сиру Качотта з козиного непастеризованого молока в процесі дозрівання. Сучасні методи діагностики, лікування та профілактика у ветеринарній медицині (до 240-річчя започаткування викладання ветеринарної медицини у Львові). Львів, 17–18 жовтня 2024 р. : тези доп. III конф. Львів, 99. <https://lvet.edu.ua/index.php/наука/konferentsii-universytetu.html> (Садварі

В.Ю. проведено дослідження мікробіологічні показники сиру Качотта, підготовлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).

7. **Садварі, В. Ю., Шевченко, Л.В. (2024).** Хімічний склад крафтового козиного сиру Качотта з козиного молока. Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 10-11 жовтня 2024 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 204-206. *(Садварі В.Ю. визначено хімічні показники сиру Качотта, оформлено тези доповіді. Шевченко Л.В. сформовано програму і організовано проведення експериментів).*