



2025

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 31 № 4

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2025

Автоматизація та інформаційні технології

Новак М. С., Смітюх Я. В. Визначення допустимих відхилів теплового стану сталевих конструкцій під час валідаційних експериментів

Поддукін В. В. Дослідження адаптивних людино-машинних інтерфейсів та їхньої інтеграції в автоматизовані системи хлібопекарського виробництва

Паровенко М. Д., Климченко О. М. Оптимізація керування технологічним процесом кип'ятіння суслу з використанням спостерігача для оцінки стану системи

Струзік В. А. Застосування рефакторингу для підвищення безпеки програмного забезпечення

Біотехнології

Воронцов О. О., Стабніков В. П., Воронцов О. О. Аналіз перспектив розвитку біотехнологій отримання біометану

Кравченко В. В., Ковшар І. Д., Резніченко Ю. М. Біотехнологічні аспекти та практичне значення одержання полігидроксibuтирату ціанобактеріями

Економіка, менеджмент і маркетинг

Роганова Г. О., Прозорова А. Р. Оцінка кредитоспроможності малого підприємства

Механічна та електрична інженерія

Козак О. С., Десик М. Г., Теличкун В. І. Аналіз способів і обладнання для охолодження хлібобулочної продукції на сучасних хлібопекарських підприємствах

Слюсенко А. М., Лементар С. Ю., Пonomarenko В. В. Дослідження аеродинаміки сушильного агента у флюїдному днищі розпилювальної сушарки

Романюк В. Т., Шпак В. В., Зінкевич П. О. Дослідження властивостей покриття з охолоджувальним ефектом на основі карбонату кальцію для проводів повітряних ліній електропередавання

Петренко В. П., Прядко М. О., Пилипенко О. Ю., Максименко Д. В. Дослідження про-

Automation and information technologies

7 *Novak M., Smityukh Y.* Determination of permissible deviations of the thermal state of steel structures during validation experiments

23 *Poddukin V.* Study of adaptive human-machine interfaces and their integration into automated bakery production systems

40 *Parovenko M., Klymenko O.* Wort boiling process control optimization using system state estimation

52 *Struzik V.* Applying refactoring to improve software security

Biotechnologies

67 *Vorontsov O., Stabnikov V., Vorontsov O.* Analysis of the prospects for the development of biotechnology for biomethane production

89 *Kravchenko V., Kovshar I., Reznichenko Yu.* Biotechnological aspects and practical significance of polyhydroxybutyrate production by cyanobacteria

Economy, Management and Marketing

107 *Rohanova H., Prozorova A.* Assessment of the creditworthiness of a small enterprise

Mechanical and Electrical Engineering

119 *Kozak O., Desyk M., Telychkun V.* Analysis of methods and equipment for cooling bakery products in modern bakeries

136 *Sliusenko A., Lementar S., Ponomarenko V.* Study of the aerodynamics of the drying agent in the fluidized bottom of a spray dryer

149 *Romaniuk V., Shpak V., Zinkevych P.* Research of the properties of a coating with a cooling effect based on calcium carbonate for overhead power line wires

158 *Petrenko V., Prydko M., Pylipenko O., Maksymenko D.* Study of heat exchange processes in dense

цесів теплообміну в густих стікаючих плівках розчинів, циклічно збурених хвильовими напливами під час випаровування

flowing films of solutions cyclically disturbed by wave flows during evaporation

Зьоменко О. С., Губеня О. О. Вплив густини таблеток на її міцність і зусилля пресування

172 *Zomenko O., Gubenia O.* Effect of tablet density on its strength and compression force

Харчові технології

Food Technologies

Белінський О. В., Галенко О. О. Вплив біоактивних компонентів чорнозерного борошна і кукурудзяного молока на маркери здорового старіння

182 *Belinskyi O., Galenko O.* The effect of bioactive components of black-grain flour and corn milk on markers of healthy aging

Сімахіна Г. О., Кочубей-Литвиненко О. В., Маслійчук О. Б. Удосконалення системи і структури харчування військовослужбовців ЗСУ: теоретичні і практичні аспекти

194 *Simakhina G., Kochubey-Lytvynenko O., Masliychuk O.* Improving the system and structure of AFU personnel nutrition: theoretical and practical aspects

Авдєєва Л. Ю., Макаренко А. А. Реологічні властивості комплексу гарбузового пюре з мальтодекстрином

210 *Avdieieva L., Makarenko A.* Rheological characteristics of a composite based on pumpkin puree and maltodextrin

Шевченко А. О., Камбулова Ю. В. Практики органічних агротехнологій і біодинаміки в Данії

221 *Shevchenko A., Kambulova Yu.* Organic and biodynamic agricultural practices in Denmark

Тележенко Л. М., Атанасова В. В., Козонова Ю. О., Білик К. О. Інноваційні технологічні підходи до виробництва печива для закладів ресторанного господарства з використанням альтернативних видів борошна

232 *Telezhenko L., Atanasova V., Kozonova Yu., Bilyk K.* Innovative technological approaches to cookie production for the foodservice industry using alternative types of flour

Бартошак І. В., Поліщук Г. Є. Вплив коагулянтів різного походження на показники якості сиру вершкового

246 *Bartoshak I., Polishchuk G.* Influence of coagulants of different origin on the quality indicators of cream cheese

Якименко А. В., Мельник Л. М. Дослідження впливу фракційності палигорськіта на ступінь вилучення небажаних домішок із сортівків за нормальних умов та при розрідженні

257 *Yakimenko A., Melnyk L.* Study of the effect of palygorskite fractionation on efficiency of removing undesirable impurities from sortivkas under normal and reduced pressure conditions

Хімічні науки

Chemical sciences

Кроніковський О. І., Чебаненко Х. В., Іщенко В. М., Кроніковська О. П., Стаднічук Н. О. Аналітичні можливості карбоксилатних комплексів пломбуму з краун-етерами

267 *Kronikovskiy O., Chebanenko K., Ischenko V., Kronikovska O., Stadnichuk N.* Analytical potentials of lead carboxylate complexes with crown ethers

УДК 637.3.05

INFLUENCE OF COAGULANTS OF DIFFERENT ORIGIN ON THE QUALITY INDICATORS OF CREAM CHEESE

I. Bartoshak, G. Polishchuk

National University of Food Technologies

Key words:

Cream cheese
Enzymatic coagulation
Glucono-delta-lactone
Fat
Active acidity
Cheese yield

Article history:

Received 17.07.2025
Received in revised form
31.07.2025
Accepted 18.08.2025

Corresponding author:

G. Polishchuk
E-mail:
milknuft@i.ua

Citation: Бартошак І. В.,
Поліщук Г. Є. (2025).
Вплив коагулянтів різно-
го походження на показ-
ники якості сиру вершко-
вого. *Наукові праці*
НУХТ, 31(4), 246—256.
DOI: 10.24263/2225-2924-
2025-31-4-20

ABSTRACT

Existing methods for coagulating milk mixtures using coagulants of different origins in the technology of cream cheese production have been analyzed. For the research, a classical technology was chosen, which involves enzymatic coagulation of standardized mixtures followed by whey separation and cold packaging of the cream cheese. The technological effectiveness of coagulants of various origins was evaluated based on the sensory and physicochemical characteristics of the cream cheese and the yield of the final product. The coagulation process of milk mixtures with fat contents of 5%, 10%, and 15% was studied under the combined action of mesophilic lactic acid bacteria starter culture, rennet enzyme, calcium chloride, and glucono-delta-lactone. The influence of calcium chloride and fat content on the dynamics of acid formation during the fermentation of standardized mixtures, as well as on the chemical composition and physical properties of the cream cheese samples, was confirmed. It was found that lactic acid fermentation of 10% fat standardized mixtures was accelerated by 3—4 hours when they were pre-acidified with glucono-delta-lactone to an active acidity level of pH 6.0. The feasibility of using glucono-delta-lactone as a functional-technological ingredient has been proven, as it not only shortened the technological process duration but also increased the yield of cream cheese and improved its texture and flavor characteristics. At the same time, the applied level of pre-acidification of the mixtures before adding the enzyme and starter culture to the specified pH value using glucono-delta-lactone requires further refinement within a certain range of active acidity for mixtures intended for enzymatic coagulation. The results of this study will allow for the improvement of the cream cheese technology produced by enzymatic means, with subsequent cold packaging of the curd.

DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-4-20

ВПЛИВ КОАГУЛЯНТІВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СИРУ ВЕРШКОВОГО

І. В. Бартошак, Г. Є. Поліщук

Національний університет харчових технологій

Проаналізовано існуючі способи зсідання молочних сумішей із застосуванням коагулянтів різного походження в технології сиру вершкового. Для проведення дослідження обрано класичну технологію, яка передбачає ферментативне зсідання нормалізованих сумішей з подальшим відділенням сироватки і холодним фасуванням сиру вершкового. Перевірено технологічну ефективність коагулянтів різного походження за органолептичними і фізико-хімічними показниками сиру вершкового та виходом готового продукту. Досліджено процес коагуляції молочних сумішей жирністю 5, 10 і 15% за сполучення дії мезофільної закваски молочнокислих бактерій, молокозсідального ферменту, хлориду кальцію і глюконо-дельта-лактону. Підтверджено вплив хлористого кальцію і вмісту жиру на динаміку кислотоутворення в процесі ферментації нормалізованих сумішей, а також на хімічний склад і фізичні властивості зразків сиру вершкового. Виявлено прискорення процесу молочнокислого бродіння нормалізованих сумішей жирністю 10% на 3–4 год у разі їх попереднього підкислення за допомогою глюконо-дельта-лактону до значення активної кислотності 6,0 од. рН. Доведено доцільність застосування глюконо-дельта-лактону як функціонально-технологічного інгредієнта, який не тільки скорочує тривалість технологічного процесу, але й підвищує вихід сиру вершкового та покращує його текстуру і смакові характеристики. У той же час застосований рівень підкислення сумішей перед внесенням ферменту і закваски до заданого значення активної кислотності за допомогою глюконо-дельта-лактону потребує подальшого уточнення в певному діапазоні зміни активної кислотності сумішей, призначених для ферментативного зсідання сумішей. Результати дослідження нададуть можливість удосконалити технологію сиру вершкового, одержуваного ферментативним способом з подальшим холодним фасуванням згустка.

Ключові слова: сир вершковий, ферментативне зсідання, глюконо-дельта-лактон, жир, активна кислотність, вихід сиру.

Постановка проблеми. Технологію сиру вершкового було розроблено у Франції наприкінці XVII ст., але промислове виробництво цього продукту розпочалося лише наприкінці XIX ст. у США. Перший стандарт ідентифікації вершкового сиру різних видів з вимогами до показників якості був офіційно затверджений у США у 1921 р. з подальшим неодноразовим переглядом цього документа. З 1994 р. набули чинності Специфікації Міністерства сільського господарства США (USDA) для сиру вершкового (USDA. Specifications for Cream Cheese, Cream Cheese with other Foods, and Related Products, 1994), у яких було викладено класифікацію і вимоги до органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників вершкових сирів. Опис комерційного товару для сиру вершкового був розроблений

USDA у 2008 р. та оновлений у 2021 р. (USDA. Commercial item description cream cheese, Neufchatel cheese and related products, 2021).

Згідно зі специфікаціями, сири вершкові поділяють на такі різновиди: сир вершковий (масова частка вологи — не більше 55%, масова частка молочного жиру — не менше 33%, рН — в діапазоні від 4,4 до 4,9); сир Нефшатель (вологи — не більше 65%, жиру — не менше 20%, але нижче 33%, рН — 4,4-5,0); сир вершковий зі зниженим вмістом жиру (вологи — не більше 70%, жиру — не менше 16,5%, але нижче 20%, рН — 4,4-5,1); сир вершковий легкий (вологи — не більше 70%, жиру — не більше 16,5%, рН — 4,4—5,2). Масова частка кухонної солі у всіх видах сиру — не більше 1,4%. Для виробництва сиру вершкового можна застосовувати лише молочну сировину — вершки, сухе знежирене молоко, сухе незбиране молоко, суху сироватку. До складу сирів вершкових можна додавати стабілізатори та емульгатори у кількості не більше 0,5%, харчові барвники і натуральні смако-ароматичні інгредієнти, за вмісту яких у готовому продукті може змінюватися у межах 5% масова частка вологи і жиру.

Найпопулярнішими у всьому світі є сири вершкові Філадельфія, Маскарпоне, Нефшатель, які одержують шляхом ферментативної або термокислотної коагуляції нормалізованих за вмістом жиру сумішей з відділенням сироватки та подальшим самопресуванням білково-жирових згустків (Chen та ін., 2013). Для традиційної технології, яка передбачає ферментативну коагуляцію нормалізованих сумішей з холодним фасуванням сиру, характерні доволі тривалі процеси одержання і самопресування згустка. Водночас у сучасних джерелах інформації відсутній опис можливих шляхів прискорення тривалості технологічного циклу, а також порівняльний аналіз технологічної ефективності комплексу коагулянтів різної природи при виробництві вершкових сирів, одержуваних ферментативним зсіданням сумішей. Вказане вище доводить доцільність обраного напряму наукового дослідження

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для ферментації пастеризованих гомогенізованих вершків жирністю 8—15% (у середньому приймають жирність 10,5—11,5%) у класичній технології сиру вершкового традиційного складу жирністю не менше 33% застосовують закваски на основі мезофільних молочнокислих бактерій, а для одержання сиру максимальної 40-відсоткової жирності за вмісту вологи 51% використовують суміші з підвищеним до 18% вмістом жиру (Erik, 1954). З метою покращання комплексу показників якості сиру вершкового в нормалізовані суміші додатково вносять молокозсідальні ферменти (Бартошак, & Поліщук, 2025), а для підвищення вмісту сухих речовин і формування більш щільних згустків їх підпресовують за уточненої дози внесення кухарської солі (Mirela, 2020).

Загалом, технологічний цикл виробництва вершкових сирів шляхом ферментативного зсідання доволі короткий за відсутності процесу визрівання. Проте в цій технології найбільш тривалими є процеси ферментації нормалізованих сумішей (до 16—18 год для досягнення рН 4,6—4,8) та самопресування білково-вершкових згустків (8—12 год, 8—10 °С або 18—20 °С). Для прискорення цих процесів збільшують дозу закваски, підвищують температуру ферментації й оброблення сирно-

го зерна, а замість самопресування застосовують центрифугування або ультрафільтрацію згустка (Ong, Kentish, & Gras, 2018; Phadungath, & Songklanakarin, 2005).

З метою запобігання відділенню сироватки на поверхні сиру та підвищення його виходу до нормалізованих сумішей вносять вологозв'язувальні стабілізатори і наповнювачі, які містять природні гідроколоїди (Gulzar та ін., 2015).

Для підвищення виходу сиру вершкового та скорочення тривалості технологічного циклу українськими вченими запропоновано виготовляти цей продукт змішуванням сиру кисломолочного з вершками або змішуванням сметани і йогурту з подальшим додаванням смако-ароматичних інгредієнтів і самопресуванням згустка, але технологічні схеми цих способів науково не обґрунтовані (Скульська, Цісарик, & Гуменецький, 2023; Melnyk, Nemirich, Gavriush, & Gavrilchenko, 2019).

Прискорити процес зсідання молока можливо повним або комбінованим підкисленням нормалізованих за вмістом жиру сумішей, оскільки підвищення кислотності нормалізованих молочних сумішей покращує стабільність індукованих кислотою білково-жирових просторових структур. За рахунок подібних технологічних модифікацій можна одержувати сири вершкові легкі і сири вершкові зі зниженим вмістом жиру з відмінними сенсорними властивостями, характерними для повножирних вершкових сирів (Wendin, Langton, Caous, & Hall, 2000; Feeney, Lamichhane, & Sheehan, 2021).

У виробництві натуральних м'яких сирів і сиру кисломолочного нещодавно почали використовувати органічний підкислювач природного походження — глюконо-дельта-лактон (ГДЛ). Цей підкислювач поступово гідролізується у водних розчинах, вивільняючи глюконову кислоту, яка контрольовано знижує рН та сприяє рівномірній коагуляції білка (Rajani, Jana, Bihola, & Adil, 2024). Дослідження показали, що коагуляція, індукована ГДЛ, покращує структуру сиру, максимально зберігаючи при цьому молочні компоненти. ГДЛ також є емульгатором, гелеутворювачем, стабілізатором кольору, вологозв'язувальним і структуруючим агентом, має антимікробну та антиоксидантну активність. Зокрема, відомо про повну заміну молочнокислих бактерій на ГДЛ у виробництві сирів фети, моцарели та сиру кисломолочного. Доведено, що в разі застосування ГДЛ за пришвидшеного зсідання сумішей утворюється більш щільний згусток, хоча культивовані м'які сири мають кращу текстуру та смак (Shawi та ін., 2021; Chen, Chen, Chen, & Hsieh, 2016). ГДЛ також застосовують для підвищення виходу рекомбінованого продукту по типу вершкового сиру (Bihola та ін., 2025). Встановлено, що в присутності ГДЛ взаємодії «білок-білок» та «білок-жир» є основними структурними чинниками впливу на фізичні властивості аналогового вершкового сиру (Kim, Watkinson, Fonterra, & Matia-Merino, 2022). Отже, сучасні і класичні технології вершкових сирів мають суттєві відмінності, залежно складу вихідної сировини, обраних коагулянтів і технологічних режимів виробництва. У той же час слід відзначити відсутність інформації щодо особливостей застосування ГДЛ для виробництва сиру вершкового за сполучення коагулянтів різного походження у сумішах з варійованою жирністю, що підтверджує доцільність проведення дослідження за цим напрямом.

Мета дослідження: вивчення ефективності коагулянтів різного походження в технології сиру вершкового, одержуваного ферментативним зсіданням нормалізованих сумішей різної жирності.

Матеріали і методи. Модельні зразки вершкового сиру готували відповідно до класичної технології сиру вершкового, яка передбачає кислотно-сичужне зсідання нормалізованих гомогенізованих, пастеризованих й охолоджених вершків з подальшим відділенням сироватки від утвореного згустка, його самопресуванням, фасуванням, охолодженням і зберіганням.

Для вивчення впливу вмісту жиру на динаміку ферментації та хімічний склад сиру одержували нормалізовані суміші з масовою часткою жиру (м. ч. ж.) 5, 10 і 15%. Ці суміші пастеризували при температурі 86—88 °С без витримування та гомогенізували за тиску 10±2 МПа і температури 70±2 °С за допомогою гомогенізатора марки 15М-8ТА для забезпечення більшого вмісту жиру в білковому згустку (Kim, Watkinson, Fonterra, & Matia-Merino, 2022). Гомогенізовані вершки охолоджували до температури 30—32 °С і на їх основі готували дослідні зразки з внесенням коагулянтів різного походження.

Частину зразків перед внесенням закваски і ферменту підкислювали 20-відсотковим водним розчином ГДЛ (Е575, «Праймхім Україна») до активної кислотності 6,0 од. рН. У частину зразків разом із закваскою і ферментом також вносили 40-відсотковий розчин хлориду кальцію у розрахунку 40 г безводної солі на 100 кг нормалізованої суміші.

Для одержання білково-жирових згустків використовували ліофілізовану мезофільну закваску для сиру кисломолочного (склад: *Lactococcus lactis ssp. lactis*; *Lactococcus lactis ssp. cremoris*; *Lactococcus lactis ssp. Diacetylactis*). Для інтенсифікації процесу зсідання після внесення закваски у зразки додавали фермент для сирів — СНУ-МАХ М 1000 (Данія). Закваску і фермент вносили у вершки в кількостях, рекомендованих виробниками.

Ферментацію зразків проводили при температурі 30—32 °С до досягнення активної кислотності не вище 4,8 од. рН. Одержані згустки розрізували на кубики розмірами по ребру 1—1,5 см, витримували до 30 хв, підігрівали до температури 45—50 °С за одночасного обережного вимішування для інтенсифікації відділення сироватки. Після чого згустки охолоджували до температури 18—20 °С, відкидали на чотиришарову марлю і проводили самопресування до моменту закінчення відділення сироватки та формування гладкої матової поверхні. Далі згустки загортали в полімерну плівку і відправляли на охолодження і структурування в холодильну камеру при температурі 4—6 °С не менше 24 год.

Позначення зразків з описом їх відмінностей наведено нижче:

- зразок 1 — нормалізовану суміш жирністю 5% ферментували закваскою для сиру кисломолочного і молокозсідаьним ферментом з додаванням CaCl₂;
- зразок 2 — нормалізовану суміш жирністю 10% ферментували закваскою для сиру кисломолочного і молокозсідаьним ферментом з додаванням CaCl₂;
- зразок 3 — нормалізовану суміш жирністю 15% ферментували закваскою для сиру кисломолочного і молокозсідаьним ферментом з додаванням CaCl₂;
- зразок 4 — нормалізовану суміш жирністю 10% ферментували закваскою для сиру кисломолочного і молокозсідаьним ферментом без додавання CaCl₂;
- зразок 5 — нормалізовану суміш жирністю 10% перед внесенням закваски для сиру кисломолочного і молокозсідаьного ферменту підкислювали ГДЛ;

- зразок 6 — нормалізовану суміш жирністю 10% перед внесенням закваски для сиру кисломолочного і молокозсідального ферменту підкислювали ГДЛ і додавали CaCl₂.

Активну кислотність вершків і згустків визначали потенціометрично згідно з ДСТУ 8550 із застосуванням лабораторного вимірювача pH/MV/ISE/Temp ADWA AD1200 ATC.

Масову частку білка у вершках, сироватці і сирному згустку визначали методом К'ельдаля згідно з ДСТУ 8063.

Масову частку жиру у вершках, сироватці і сирі визначали кислотним методом Гербера згідно з ГОСТ 5867.

Масову частку сухих речовин у вершках, сироватці і згустках (M_{сп}) визначали висушуванням наважок зразків при 135 °С протягом 2 год з подальшим перерахунком за формулою:

$$M_{sp} (\%) = (m_1 - m_0) \times 100 / m - m_0, \quad (1)$$

де: m_0 — маса бюкси, г; m — маса бюкси з наважкою зразка до висушування, г; m_1 — маса бюкси з наважкою зразка після висушування, г.

Вихід продукту враховували у відсотках за масою одержаного згустка по відношенню до маси заквашеної суміші за формулою:

$$\text{Вихід сиру} = (\text{Маса сиру} / \text{Маса молока}) \times 100\%. \quad (2)$$

Органолептичну оцінку вершкових згустків здійснювали відповідно до комерційного опису основних характеристик вершкового сиру (USDA, 1994):

- 1) колір — однорідний від білого до світло-кремовевого;
- 2) смак та аромат — помірно виражений чистий, кисломолочний, злегка діацетиловий, не допускається гіркий, крейдяний, пустий, дріжджовий та інші сторонні присмаки і запахи;
- 3) текстура — однорідна, середньої твердості при температурі 6—8 °С і мазка при температурі 20 °С;
- 4) зовнішній вигляд — гладкий, без грудочок і зернистості пастоподібний згусток з рівною, зволоженою поверхнею без слідів розтріскування та виділення сироватки, на поверхні допускається наявність поодиноких краплин вологи.

Для органолептичного оцінювання зразків сиру вершкового застосовували 5-бальну шкалу, де кожному атрибуту надавали певну кількість балів за таким принципом: 5 балів — відповідність нормативним вимогам; 4 бали — мінімальні відхилення; 3 бали — помітні відхилення; 2 бали — значні відхилення; 1 бал — дуже значні відхилення; 0 балів — продукт непридатний до споживання.

Одержані результати за 3-кратної повторюваності і заданої довірчої ймовірності $P \geq 0,95$ статистично обробляли за допомогою стандартної програми Excel.

Викладення основних результатів дослідження. На першому етапі досліджували вплив вмісту жиру і застосованих коагулянтів на динаміку кислотно-сичужного зсідання нормалізованих сумішей, у тому числі в присутності хлориду кальцію і ГДЛ.

Динаміку зміни активної кислотності усіх зразків нормалізованих сумішей впродовж ферментації наведено на рис. 1.

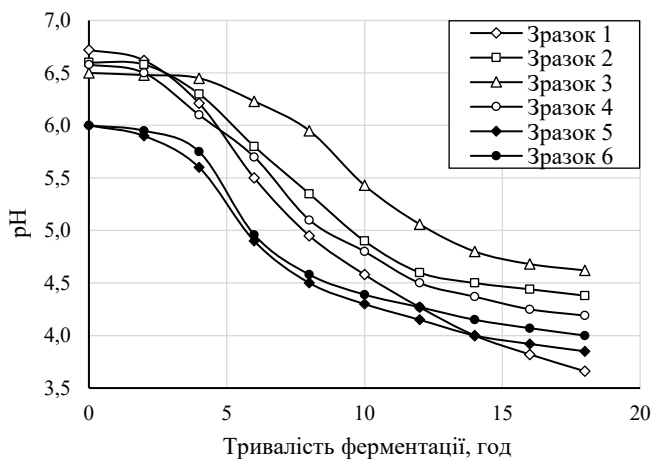


Рис. 1. Динаміка зміни активної кислотності нормалізованих сумішей впродовж ферментації

Відповідно до рис. 1, підвищення вмісту жиру в діапазоні від 5 до 15% у зразках 1—3 у деякій мірі гальмує швидкість зниження активної кислотності. Тобто чим більший вміст жиру у зразках, тим вищі значення рН наприкінці їх ферментації. Це явище можна пояснити впливом вмісту жиру в нормалізованих сумішах на метаболічну активність бактерій, що беруть участь у молочнокислому бродінні. За підвищення вмісту жиру в харчових системах відповідним чином зменшується вміст води як середовища для життєдіяльності бактерій. Жирові кульки також можуть додатково механічно блокувати доступ молочнокислих бактерій до лактози. Виявлений ефект співвідноситься з даними (Tan та ін., 2024). Присутність хлориду кальцію практично не впливає на активну кислотність зразків за рахунок буферних властивостей молока, що також підтверджується існуючою інформацією (Генчева, 2016).

Що стосується швидкості досягнення заданої верхньої межі активної кислотності (рН = 4,8), прийнятої для визначення повноти ферментації нормалізованих сумішей, то очевидну позитивну роль у цьому процесі відіграє їхнє попереднє підкислення розчином ГДЛ. Так, для зразків 5 і 6, попередньо підкислених ГДЛ до рН = 6,0, час досягнення граничного значення активної кислотності становить 7 год, у той час, як для зразків без підкислення ГДЛ жирністю 5 і 10% — 10—11 год, а для зразка жирністю 15% — до 14 год. За порівняння динаміки зміни активної кислотності для зразків однакової жирності (10%) — зразка 2, зразка 4 і зразків, підкислених ГДЛ 5 і 6, то час досягнення активної кислотності не вище 4,8 од. рН для них становив: 11, 10 і 7 год (для обох підкислених зразків), відповідно. Таким чином, можна стверджувати, що попереднє підкислення однакових за хімічним складом нормалізованих сумішей скорочує час ферментації на 3—4 години.

При візуалізації процесу ферментації зразків 5 і 6, підкислених ГДЛ, утворення згустків відбувалося вже за активної кислотності 5,1, тобто значно вище за ізоелектричну точку зсідання казеїну, що варто більш детально вивчити в подальших дослідженнях і врахувати в удосконаленій технології.

Значення активної кислотності готових зразків сиру вершкового, сироватки і початку візуального утворення згустка наведені на рис. 2.

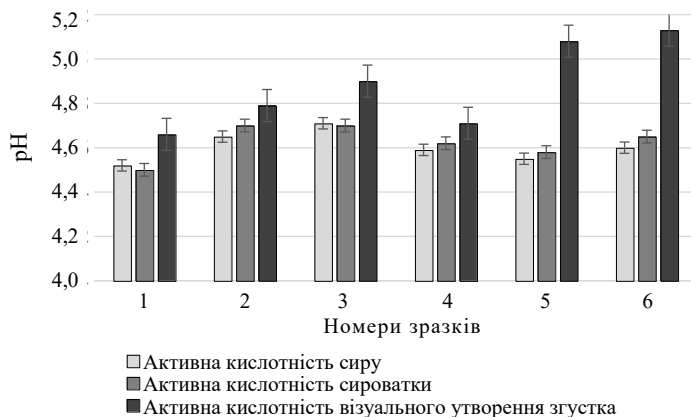


Рис. 2. Активна кислотність зразків сиру вершкового, сироватки і початку візуального утворення згустка

Активна кислотність сиру вершкового і сироватки для всіх зразків була доволі наближеною. Відповідно до порівняльного аналізу цих значень, їхній найнижчий рівень спостерігався для зразків 1 (м. ч. ж. 5%), дещо вищі значення слід відмітити для зразків 4 (м. ч. ж. 10% без додавання CaCl_2) і для зразків 5 і 6 (м. ч. ж. 10%), підкислених ГДЛ, що пояснюється впливом доданих компонентів. Зрозуміло, що початок утворення згустка дуже важко вловити візуально, оскільки цей метод є доволі неточним, але навіть зі значною похибкою він дає змогу визначити відмінність характеру процесу зсідання згустків. Значне пришвидшення утворення згустка в зразках 5 і 6, підкислених ГДЛ, можна пояснити зниженням стабільності казеїнових міцел, агрегації та поступового розвитку зв'язку між білками за зниження активної кислотності (Wang, & Zhao, 2023). Активна кислотність усіх зразків сиру вершкового знаходилася в межах норми, в діапазоні від 4,4 до 4,9, відповідно до Специфікацій USDA для сиру вершкового.

Хімічний склад зразків сиру вершкового наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники зразків сиру і сироватки

| Показник | Номер зразка | | | | | |
|------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| М. ч. вологи, % | 58,51±1,33 | 57,23±1,78 | 56,20±1,38 | 57,93±1,65 | 55,06±1,02 | 54,74±1,92 |
| М. ч. білка, % | 9,15±0,25 | 8,25±0,21 | 7,20±0,22 | 7,99±0,30 | 9,8±0,32 | 10,3±0,41 |
| Абсолютна м. ч. ж у сири, % | 23,32±1,21 | 29,71±1,70 | 32,4±1,63 | 28,5±1,38 | 33,2±1,83 | 33,8±1,59 |
| М. ч. ж. у сухій речовині сиру, %* | 56,14 | 69,40 | 73,97 | 67,70 | 73,1 | 73,5 |
| М. ч. сухих речовин у сироватці, % | 7,10±0,22 | 6,24±0,16 | 5,93±0,17 | 6,82±0,20 | 5,18±0,14 | 5,0±0,19 |
| Вихід сиру, %* | 10,2 | 11,5 | 12,3 | 11,0 | 15,8 | 16,4 |

*Показники розраховані на основі середньоарифметичних значень фізичних величин відповідно до формул (1) і (2).

Відповідно до Специфікацій USDA, в сирі вершковому класичному вміст води не повинен перевищувати 55%, а вміст жиру має бути не нижчим за 33%. Цим вимогам відповідають зразки 5 і 6. Зразки 1—4 за хімічним складом можуть бути віднесені до сиру Нефшатель. Найбільший вихід сиру виявлено для зразків 5 і 6, підкислених ГДЛ за найнижчих втрат сухих речовин із сироваткою. Застосування хлориду кальцію підвищує вихід сиру, що можна пояснити утворенням додаткових зв'язків між макромолекулами білків і відповідним підвищенням їх вологоутворювальної здатності (Makhal, Kanawjia, & Giri, 2013). Для збільшення вмісту жиру за зниження вмісту води у зразках 1—4 необхідно більш детально опрацювати технологічні режими щодо оброблення сирного зерна і відпресування сироватки від згустка. Що стосується зразків 5 і 6, то додавання ГДЛ до сумішей перед внесенням закваски і ферменту є доцільним, оскільки дає змогу одержувати сир вершковий без зміни встановлених у схемі проведення дослідження технологічних параметрів виробництва.

Органолептичні показники зразків сиру вершкового наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Органолептичні показники зразків сирів вершкових

| Показник | Номер зразка | | | | | |
|---------------------|---|---|--|---|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Смак та аромат | Чистий, кисло-молочний, злегка діацетиловий, з вираженою кислинкою | Чистий, кисло-молочний, з вершковим присмаком, злегка діацетиловий, | Чистий, кисло-вершковий злегка діацетиловий | Чистий, кисло-молочний, з вершковим присмаком, злегка діацетиловий | Чистий, кисло-вершковий злегка діацетиловий, з вираженою кислинкою | Чистий, кисло-вершковий злегка діацетиловий, з вираженою кислинкою |
| Консистенція | Однорідна, занадто мазка | Однорідна, доволі щільна, помірно мазка | Однорідна, доволі щільна, достатньо мазка | Однорідна доволі щільна, помірно мазка | Відмінна, однорідна, достатньо мазка | |
| Колір | Білий зі злегка кремовим відтінком, рівномірний за всією масою | | Білий з вираженим кремовим відтінком, рівномірний за всією масою | | Білий зі злегка кремовим відтінком, рівномірний за всією масою | |
| Зовнішній вигляд | Пастоподібний мазкий згусток, на поверхні наявні поодинокі краплі сироватки | Гладкий, пастоподібний мазкий, достатньо щільний згусток | Гладкий, пастоподібний мазкий, щільний згусток | Пастоподібний мазкий згусток, на поверхні наявні поодинокі краплі сироватки, незначна зернистість | Гладкий, без грудочок і зернистості пастоподібний згусток з рівною, зволоженою поверхнею | |
| Загальна сума балів | 17,2 | 18,5 | 19,4 | 17,5 | 19,6 | 20 |

За даними, наведеними в табл. 2, очевидно є доцільність застосування підкислювача ГДЛ у технології сирів вершкових. Цей коагулянт, окрім підвищення виходу готового продукту, також сприяє формуванню відмінної, однорідної мазкої консистенції і вираженому кисловершковому смаку в зразках 5 і 6 сиру вершкового, органолептична оцінка яких отримала максимальні бали. Слід відзначити й

доцільність комплексного застосування хлориду кальцію як додаткового коагулянта, що зміцнює вершковий згусток та надає йому більш повного смакового відчуття. М'які сири з вказаними смаковими характеристиками і мазкою консистенцією будуть користуватися попитом для безпосереднього споживання, приготування різних страв у домашніх умовах, а також у секторі HoReCa.

Висновки

1. Комплексна дія мезофільної закваски молочнокислих бактерій, молокозсідального ферменту, хлориду кальцію і глюконо-дельта-лактону, спрямована на коагуляцію нормалізованих сумішей жирністю 10% за їх попереднього підкислення до значення активної кислотності 6,0 од. рН, прискорює процес молочнокислого бродіння на 3—4 год, залежно від наявності хлориду кальцію.

2. Підвищення вмісту жиру у нормалізованих сумішах від 5% до 15% сповільнює процес молочнокислого бродіння, зокрема, подовжує його з 10 до 14 годин.

3. Підкислення сумішей глюконо-дельта-лактоном перед внесенням закваски, хлористого кальцію і ферменту призводить до візуального утворення згустків за підвищеної до 5,1 од. рН активної кислотності, а також до збільшення виходу сиру вершкового та покращання його органолептичних показників.

4. Застосований рівень підкислення нормалізованих сумішей перед внесенням ферменту і закваски за допомогою глюконо-дельта-лактону до сталого значення 6,0 од. рН потребує більш детального вивчення в широкому діапазоні зміни активної кислотності, що є перспективним завданням для подальших досліджень, спрямованих на удосконалення технології сиру вершкового.

Література

Бартошак, І., Поліщук, Г. (2025). Порівняльний аналіз технологічної ефективності різних способів зсідання вершкових сумішей. *Харчова промисловість*, 37, 59—69. <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2025-37-8>.

Генчева, В. (2016). Вплив розчинів солей кальцію та магнію на фізико-хімічні показники якості молока. *Актуальні питання біології, екології та хімії*, 11(1), 137—146.

Скульська, І., Цісарик, О., Гуменецький, М. (2023). Розроблення технології м'якого сиру з мигдалем. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 4, 173—180. <https://doi.org/10.32782/tmv-tech.2023.4.22>.

Bihola, A., Jana, A., Parmar, S., Gill, A., Vashisht, P., Sain, M., Adil, S. (2025). Recombined milk cheeses: A review, *International Dairy Journal*, 166, 106219, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106219>.

Breidinger, S. L., Steffe, J. F. (2001). Texture Map of Cream Cheese. *Journal of Food Science*, 66, 453—456. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb16128.x>.

Chen, N., Liu, X., Ding, Q., Wang, F., Luo, J., Ren, F. (2013). Effects of coagulation methods on quality of cream cheese. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29, 287—291. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2013.02.039>.

Chen, Y. C., Chen, C. C., Chen, S. T., & Hsieh, J. F. (2016). Proteomic profiling of the coagulation of milk proteins induced by glucono-delta-lactone. *Food Hydrocolloids*, 52, 137—143. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.005>.

Lundstedt, E. (1954). Manufacture of Quality Cream Cheese: A Means of Utilizing Some of Our Excess Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 37(2), 243—245. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(54\)70251-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(54)70251-5).

Feeney, E., Lamichhane, P., Sheehan, J. (2021). The cheese matrix: Understanding the impact of cheese structure on aspects of cardiovascular health — A food science and a human nutrition perspective. *International Journal of Dairy Technology*, 74(4), 656—670. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12755>.

Kim, J., Watkinson, P., Fonterra, M. L., Matia-Merino, L. (2022). Effect of Process and Formulation Variables on the Structural and Physical Properties in Cream Cheese using GDL Acidulant. *Food Biophysics*, 17(1), 273—287. <https://doi.org/10.1007/s11483-022-09719-w>.

Čolić, L., Mirela. (2020). Physico-chemical properties, spreadability and consumer acceptance of low-sodium cream cheese. *Mljekarstvo*, 70, 13—27. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0101>.

Makhal, S., Kanawjia, S. K. A. Giri. (2013). Role of calcium chloride and heat treatment singly and in combination on improvement of the yield of direct acidified Cottage cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1). <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1028-5>.

Melnyk, O., Nemirich, O., Gavrish, A., & Gavrilchenko, P. (2019). Технологічні аспекти виробництва крем-сиру з порошком зі шпинату. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології*, 21(91), 157—161. <https://doi.org/10.32718/nvvet-f9126>.

Gulzar, N., Sameen, A., Khan, M., Huma, N., Murtaza, M.-A., Rafiq, S. (2015). Nutritional and Functional Properties of Fruited Cream Cheese Spread as Influenced by Hydrocolloids. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(3), 191—195. <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-3-10>.

Ong, L., Kentish, S. E., Gras, S. L. (2018). Small scale production of cream cheese: A comparison of batch centrifugation and cloth bag methods. *International Dairy Journal*, 81, 42—52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.01.008>.

Phadungath, C., Songklanakarin, J. (2005). Cream cheese products: A review. *Journal of Science and Technology*, 27(1), 191—199.

Rajani, B., Jana, A. H., Bihola, A., Adil. (2024). Changes in physico-chemical and functional properties of Pizza cheeses made using "dual acidification" method during refrigerated storage. *Discover Food*, 4, 157. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00241-1>.

Al-Hatim, R., Kadhim, Z., Issa, N., Ghazi Al-Shawi, S. (2021). Application of Glucono-Delta-Lactone Acid (GDL) in Foods System: A Review. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 8(5), 6450—6463.

Tan, C., Tian, Y., Tao, L., Xie, J., Wang, M., Zhang, F., Yu, Z., Sheng, J., & Zhao, C. (2024). Exploring the Effect of Milk Fat on Fermented Milk Flavor Based on Gas Chromatography-Ion Mobility Spectrometry (GC-IMS) and Multivariate Statistical Analysis. *Molecules*, 29(5), 1099. <https://doi.org/10.3390/molecules29051099>.

Wendin, K., Langton, M., Caous, L., Hall, G. (2000). Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chemistry*, 71, 363—378. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00200-4).

Wang, X., & Zhao, Z. (2023). Acid-Induced Gelation of Milk: Formation Mechanism, Gel Characterization, and Influence of Different Techniques. Intech Open. *In book: Dairy Processing — From Basics to Advances*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.107893>.