

УДК 637.3

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОКИСЛОТНОЇ КОАГУЛЯЦІЇ БІЛКІВ МОЛОКА У ВИРОБНИЦТВІ СИРУ

Шугай М. О., к.б.н, с.н.с.

<https://orcid.org/0000-0003-1844-5967>

Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-21-18>

**Предмет.** Для виробництва сиру найчастіше використовують сичужний та кисло-сичужний способи коагуляції білків молока, тоді як термокислотний є менш поширеним. Однак термокислотне згортання молока здавна використовується для отримання сиру, зокрема, цим способом виробляють відомі сири: Панір, Кесо Бланко, Рікотту, Мізітру. В Україні найбільш відомим представником термокислотних сирів є сир Адигейський. Виробництво сирів цієї групи незатратне, оскільки передбачає використання сироватки, яка є побічним продуктом виробництва сичужних і кисломолочних сирів. Крім того, термокислотна коагуляція, що лежить в основі їх отримання, характеризується високим ступенем вилучення білків і дозволяє ефективно використовувати компоненти молочної сировини за рахунок осадження як казеїнів, так і сироваткових білків. Отже, предметом досліджень були сучасні дані щодо особливостей технологічного процесу виробництва термокислотних сирів, складу та обробки сировини, впливу температури і кислотних агентів на процес коагуляції білків і вихід сирної маси, а також на органолептичні показники й біологічну цінність цільового продукту. **Мета.** Аналіз та узагальнення інформації щодо виробництва сирів способом термокислотної коагуляції. **Методи.** Використали аналітичний метод, аналізували інформацію з баз даних: PubMed, Scopus, Web of Science. **Результати.** Сутність термокислотної коагуляції полягає в одночасному впливі на білки молока високої температури і кислотного фактора, внаслідок чого відбувається осадження фракцій казеїну з сироватковими білками. Вирішальне значення в утворенні білкової структури термокислотних сирів мають сироваткові білки: висока температура призводить до денатурації  $\beta$ -Lg і сприяє його взаємодії з  $\kappa$ -казеїном та іншими денатурованими білками сироватки. Коагульовані і агреговані білки утворюють великі білкові комплекси. На взаємодію між  $\beta$ -Lg і  $\kappa$ -казеїном впливають: кислотність середовища, час, температура нагрівання, загальна концентрація білка. Найважливішим фактором є температура, оскільки саме завдяки високій температурі ініціюється процес включення сироваткових білків у білкову матрицю сиру. Сири, отримані способом термокислотної коагуляції, мають високу харчову й біологічну цінність, оскільки містять значний відсоток сироваткових білків, багатих на сірковмісні (метіонін, цистеїн) та найбільш дефіцитні (лізин і триптофан) амінокислоти. Молочні згустки термокислотних сирів можуть використовуватись як харчовий носій функціональних інгредієнтів для створення продуктів оздоровчо-профілактичного призначення. **Сфера застосування результатів.** Результати досліджень будуть використані під час розроблення нових технологій сирів.

**Ключові слова:** білки молока, виробництво сиру, сироватка, термокислотна коагуляція, технологія виробництва.

## USE OF THERMAL ACID COAGULATION OF MILK PROTEINS IN CHEESEMAKING

Myroslava Shugai, PhD, Biology, Sen. Researcher

<https://orcid.org/0000-0003-1844-5967>

Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2023-21-18>

**Subject.** Rennet and acid-rennet methods of coagulation of milk proteins are most often used for cheese production, while thermo-acid is less common. However, thermal acid coagulation of milk has long been used to obtain cheese, in particular, this method is used to produce well-known cheeses:

*Paneer, Queso Blanco, Ricotta, Mizithra. In Ukraine, the most well known representative of thermoacidic cheeses is Adygei cheese. The production of cheeses of this group is inexpensive, as it involves the use of whey, which is a by-product of the production of rennet and sour-milk cheeses. In addition, thermoacidic coagulation, which is the basis of their production, is characterized by a high degree of protein extraction and allows effective use of the components of milk raw materials due to the precipitation of both caseins and whey proteins. Therefore, the subject of research was modern data on the peculiarities of the technological process of thermo-acidic cheese production, the composition and processing of raw materials, the influence of temperature and acid agents on the process of protein coagulation and the yield of cheese mass, as well as on the sensorial indicators and biological value of the target product.*

**Purpose.** Analysis and generalization of information on the production of cheeses by thermoacid coagulation. **Methods.** We used the analytical method, analyzed information from databases: PubMed, Scopus, Web of Science. **Results.** The essence of thermoacidic coagulation is the simultaneous effect of high temperature and an acid factor on milk proteins, resulting in precipitation of casein fractions with whey proteins. Whey proteins are of decisive importance in the formation of the protein structure of thermoacidic cheeses: high temperature leads to the denaturation of  $\beta$ -Lg and promotes its interaction with  $\kappa$ -casein and other denatured whey proteins. Coagulated and aggregated proteins form large protein complexes. The interaction between  $\beta$ -Lg and  $\kappa$ -casein is influenced by: medium acidity, time, heating temperature, total protein concentration. The most important factor is the temperature, because it is thanks to the high temperature that the process of incorporating whey proteins into the protein matrix of the cheese is initiated. Cheeses obtained by the method of thermoacid coagulation are of high nutritional and biological value, as they contain a significant percentage of whey proteins rich in sulfur-containing (methionine, cysteine) and the most deficient (lysine and tryptophan) amino acids. Milk curds of thermoacidic cheeses can be used as a food carrier of functional ingredients to create products for health and preventive purposes. **Scope of research results.** The research results will be used during the development of new cheese technologies.

**Key words:** milk proteins, cheese making, whey, thermal acid coagulation, production technology.

**Постановка проблеми.** Сир є одним з найдавніших молочних продуктів, який у концентрованій формі містить основні компоненти молока. Дієтологи визнають натуральний сир високопоживним, біологічно повноцінним продуктом, який обов'язково має бути у харчовому раціоні людини [1].

У світі щороку виробляється близько 17 мільйонів тонн сиру понад 1000 різних найменувань, на що витрачається майже 30% обсягів молока [2]. Органолептичні характеристики, ергетична і поживна цінність конкретного зразка сиру залежить від технології його отримання, а саме: виду і якості використаної сировини, способу її обробки, складу мікрофлори, фізико-хімічних факторів впливу під час виробки, пресування, соління й визрівання, умов зберігання отриманого продукту.

Для виробництва сиру найчастіше використовують сичужний та кисло-сичужний способи коагуляції білків молока, тоді як термокислотний є менш поширеним. Проте термокислотне згортання молока здавна використовується для отримання сиру, зокрема, цим способом у Південній Азії виробляють сир Панір (Paneer), у Центральній і Латинській Америці – Кесо Бланко (Queso blanco), в Італії – Рікотту (Ricotta), у Греції – Мізітру (Mizithra) [3-5]. Виробництво сирів цієї групи незатратне, оскільки передбачає використання сироватки, яка є побічним продуктом виробництва сичужних і кисломолочних сирів. Крім того, термокислотна коагуляція, що лежить в основі їх отримання, характеризується високим ступенем вилучення білків і дозволяє ефективно використовувати компоненти молочної сировини за рахунок осадження як казеїнів, так і сироваткових білків.

Зазвичай сири, отримані термокислотним способом, мають кремово-сирну консистенцію і можуть використовуватись у їжу самостійно або як доповнення до страв – супів, салатів, кондитерських виробів. В Україні найбільш відомим представником термокислотних сирів є сир Адигейський.

**Мета роботи** – аналіз та узагальнення інформації щодо виробництва сирів способом термокислотної коагуляції.

**Методи дослідження.** Під час роботи здійснювали пошук, систематизацію та узагальнення наукової інформації, використали аналітичний метод. Аналізували інформацію з доступних баз даних: PubMed, Scopus, Web of Sciences. Предмет досліджень – сучасні дані щодо особливостей технологічного процесу виробництва термокислотних сирів, складу та обробки сировини, впливу температури і кислотних агентів на процес коагуляції білків і вихід сирної маси, а також на органолептичні показники й біологічну цінність цільового продукту.

**Результати та обговорення.** Сутність термокислотної коагуляції полягає в одночасному впливі на білки молока високої температури і кислотного фактора. Наслідком такої подвійної обробки є теплова денатурація та кислотна коагуляція білків. Завдяки цьому відбувається осадження як фракцій казеїну, так і сироваткових білків [6].

Вирішальне значення в утворенні білкової структури термокислотних сирів мають сироваткові білки. Вони представлені  $\beta$ -лактоглобуліном (~50%),  $\lambda$ -лактоальбуміном (~20%), а також альбуміном сироватки крові, імуноглобулінами, лактоферином та мінорними білками. Сироваткові білки мають компакту глобулярну конформацію зі значною спіралізацією ланцюгів і середнім діаметром від 15 до 50 нм. Їх кількість у молоці перевищує число казеїнових міцел приблизно в 1500 разів. Сироваткові білки не гідролізуються сичужним ферментом і порівняно з казеїном менш чутливі до кальцію, але чутливіші до нагрівання [6, 7].

У процесі кислотної та сичужно-кислотної коагуляції сироваткові білки не коагулюють тому що не піддаються денатурації. Вони зберігають нативний стан і, разом із сироваткою, видаляються зі згустку. При термокислотній коагуляції найбільших змін зазнають сироваткові білки – на сам перед  $\beta$ -лактоглобулін ( $\beta$ -Lg), також к-казеїн. Під час виробки сиру спочатку проводять нагрівання молока, а потім його підкислення. Висока температура призводить до денатурації  $\beta$ -Lg та сприяє його взаємодії з к-казеїном й іншими денатурованими білками сироватки. Таким чином, коагульовані і агреговані білки утворюють великі білкові комплекси [8].

На взаємодію між  $\beta$ -Lg і к-казеїном впливають такі фактори як кислотність середовища, час, температура нагрівання, загальна концентрація білка. Серед них найважливішим фактором є температура, оскільки саме завдяки високій температурі ініціюється процес включення сироваткових білків у білкову матрицю сиру [9].

При нагріванні молока від 70°C до 100°C  $\beta$ -Lg і  $\alpha$ -лактоальбумін денатують, тоді як міцели казеїну зберігають свою структуру. Під час денатурації їх глобули розгортаються, оголюючи амінокислоти, які потім зв'язуються з агрегованими білками. Внаслідок зростання активної кислотності нижче 6,7 одиниць, яке відбувається під час виробництва сиру, спостерігається агрегація між відкритими гідрофобними групами денатурованого  $\beta$ -Lg та к-казеїну, що призводить до утворення ниткоподібних відростків на поверхні міцели [10]. Максимальна агрегація спостерігається за значень активної кислотності нижчих рН 6,5 одиниць [11, 12]. Агреговані білкові структури підтримуються ковалентними дисульфідними зв'язками між к-казеїном і денатурованим  $\beta$ -Lg, а також нековалентними гідрофобними взаємодіями [13].

Незважаючи на те, що ініціація процесу денатурації сироваткових білків молока відбувається за температури 70°C, оптимальний діапазон температур для проведення термокислотної коагуляції становить (85–90)°C. У цьому температурному діапазоні спостерігається агрегація від 10% до 20% денатурованих сироваткових білків з казеїновими міцелами [14]. Згідно з даними [15] підвищення температури з 65°C до 95°C сприяло збільшенню частки осаджених білків на 9–10%, в основному за рахунок поліпшення ступеня використання сироваткових білків (табл. 1).

Таблиця 1

## Ступінь використання білків молока залежно від температури

| Ступінь використання | Температура теплової обробки, °C |             |             |             |             |
|----------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                      | 65±2                             | 70±2        | 80±2        | 90±2        | 95±2        |
| білків               | 80,49–80,53                      | 80,59–80,67 | 83,06–83,25 | 86,52–86,87 | 89,42–90,0  |
| сироваткових білків  | 0,73–0,83                        | 1,21–1,61   | 13,61–14,71 | 27,62–29,32 | 41,41–48,19 |

Після витримування протягом 20 хвилин нагрітого до 90°C молока, з міцелами казеїну агрегувало понад 80% денатурованого  $\beta$ -Lg [16]. За даними Qian [17] молоко, витримане при 85°C протягом 10 хвилин, містило лише ~50% денатурованих сироваткових білків, тоді молоко, витримане при 95 °C протягом 10 хвилин містило їх майже 100%.

Вміст агрегованих білків у згустку не значним чином, але все ж таки залежить від використаної кислоти [3, 18]. У дослідженнях Farkye [3] сир Кесо Бланко, виготовлений з додаванням молочної кислоти, мав дещо вищий вміст вологи, ніж аналогічні його варіанти з додаванням лимонної або оцтової кислот. Відмічено різний вплив цих кислот на вміст вологи в сирі: найменшу щільність мав сир, виготовлений з додаванням молочної кислоти, а найбільшу – сир з оцтовою кислотою. Отримані результати свідчать, що оцтова та лимонна кислоти викликають більшу агрегацію білкових комплексів у матриці сиру, ніж молочна кислота.

На вихід цільового продукту впливає кислотність коагулянта. Згідно з дослідженнями [19] підвищення кислотності як молочної, так і лимонної кислот сприяло кращому зневодненню сирних згустків. Водночас, при надмірній кислотності коагулянта органолептичні показники сиру погіршувались. Встановлено, що оптимальною величиною титрованої кислотності для лимонної кислоти є 200°T, а для молочної – 150°T.

Сенсорні та фізико-хімічні показники сиру залежать і від вмісту молочного жиру в продукті. Рікотта зі знежиреного молока мав світліший колір, надмірно щільну і жорстку консистенцію, менш виражений аромат, внаслідок чого був оцінений нижчини балами порівняно з повножировими аналогами. Цікавим є той факт, що використання частково знежиреного (1,5%) молока майже не позначилось на органолептичних характеристиках Рікотти [4]. Це вказує на можливість суттєво зменшити вміст жиру без погіршення сенсорних властивостей цільового продукту.

Зупинимось детальніше на особливостях технології виробництва термокислотних сирів. На відміну від сирів, отримуваних методом кислотно-сичужної коагуляції, які виробляють виключно з молока і які є дуже чутливими до його якості (фізико-хімічного складу, мікробіологічної чистоти), для виробництва термокислотних сирів використовують різноманітну сировону – молоко, підсирну сироватку або їх суміш. Наприклад, в Італії сир Рікотту традиційно виготовляють з сироватки. Загалом, значну частку термокислотних сирів в Італії виробляють крафтовим способом на фермах з невеликим обсягом виробництва, зберігаючи давні традиції сироваріння, і, залежно від регіону, використовують сироватку з коров'ячого, козячого, овечого і навіть буйволячого молока, отриману після виробництва твердих і напівтвердих сирів, а також кисломолочного сиру [20–22].

Сироватку нагрівають у чані до 50°C, вносять морську сіль у співвідношенні від 0,4% до (1–2)%. Для збільшення виходу продукту та поліпшення його органолептичних показників додають нагріте до 50–60°C сире молоко, іноді ще й вершки у кількості 5%. Отриману суміш нагрівають від 80°C до 90°C (залежно від типу рікотти), додають природні підкислювачі, наприклад, кислу сироватку. Внаслідок термокислотної коагуляції

пластівці білка спливають на поверхню, де їх збирають вручну – дерев'яною чи металевою ложкою у перфоровані ємкості з усіченим конусом, що полегшує стікання сироватки [21]. Отриманий сир охолоджують і реалізують у місцевих крамницях, термін його зберігання становить менше тижня. Важливу роль у виробництві крафтових сирів типу Рікотта відіграє дотримання традиційних технологій, використання натуральних інгредієнтів та майстерність сироварів.

Промислове отримання сиру Рікотта пов'язане з великими обсягами виробництва та стандартизацією процесу (рис. 1). Сировиною слугує сироватка, яка є побічним продуктом виробництва сичужних і кисломолочних сирів. Її нагрівають з використанням різних систем нагрівання або за допомогою пластинчастого теплообмінника, додають нагріте незбиране або знежирене молоко у кількості 10%. Для посилення агрегації білків до суміші додають розчини лимонної або молочної кислоти (1,5–3% від маси сировини), нагрітої до 65–90°C [23, 24].



**Рис. 1. Узагальнена схема промислового виробництва сиру Рікотта**

При промисловому виробництві за температури 80–90°C пластівці рікотти починають спливати. Завдяки високій температурі агреговані на поверхні сироватки білки ущільнюються, це полегшує їх відділення від сироватки, крім того, величина білкових агрегатів впливає на структуру отриманого сиру. Білкові пластівці збирають у перфоровані (для стікання сироватки) форми, сир пресують за температури 15–20°C протягом 20 хвилин, солять за температури 10–12°C, і охолоджують до температури 4–10°C. На заключному етапі промислового виробництва для подовження терміну зберігання сиру його піддають термічній обробці – проводять пастеризацію. Це забезпечує термін зберігання продукту від 20 до 40 діб [25]. Пакування Рікотти проводять в умовах атмосферного повітря або з використанням пакувальних матеріалів з модифікованою атмосферою (30% CO<sub>2</sub> і 70% N<sub>2</sub>) [26].

Термокислотні сири мають високу харчову й біологічну цінність. Обумовлено це тим, що під час термокислотної коагуляції завдяки одночасній подвійній обробці молочної сировини високою температурою і кислотним агентом відбувається осадження як фракцій казеїну, так і сироваткових білків, а отже, спостерігається більш повне вилучення білків молока порівняно з сичужним і кислотно-сичужним способами коагуляції. Наявність сироваткових білків значно підвищує біологічну цінність продукту оскільки, на відміну від казеїнів, ці білки багаті на сірковмісні амінокислоти – метіонін і цистеїн та характеризуються високим вмістом найбільш дефіцитних амінокислот – лізину й триптофану [6].

У зв'язку з підвищенням інтересу до функціональних і оздоровчих харчових продуктів (які мають потенціал для зміцнення здоров'я споживача за допомогою не передбачених у традиційному харчуванні механізмів), у виробництві термокислотних сирів упродовж останніх десятиліть спостерігаються тенденції, пов'язані з уведенням до їх складу оздоровчих компонентів – пребіотиків, пробіотиків, біологічно активних речовин. У літературі є повідомлення про успішне використання інуліну, інкапсульованого екстракту шафрану, харчових волокон цитрусових, фітостеринів [27, 28]. Уведення цих компонентів відбувалось на етапі гомогенізації отриманого сиру. Наприклад, Nzeakoє зі співавторами [28] дійшов висновку, що сир Рікотта є хорошою харчовою матрицею для збагачення фітостеринами, які характеризувались високою термостабільністю (87,0–89,7%) під час гомогенізації та рівномірним розподілом у продукті. Отриманий функціональний сир зберігав свою потенційну функціональність протягом усього терміну придатності (4 тижні, 4°C) без істотних змін рівня фітостеринів (0,83 г на 100 г сиру) під час зберігання. Споживачі такого сиру отримали можливість у цікавий спосіб контролювати рівень холестерину і ліпопротеїдів низької щільності в крові [28].

У ряді досліджень повідомлялось про уведення до термокислотних сирів пробіотичних штамів молочнокислих та біфідобактерій (*Lactobacillus acidophilus* La-05, *Lactobacillus casei* LAFTI L26, *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* F19, *Bifidobacterium longum* KACC 91563, *Bifidobacterium animalis* LAFTI B94) [29–31]. Їх наявність у більшості випадків практично не вплинула на текстуру, колір і сенсорні профілі термокислотних сирів. Натомість спостерігалось пригнічення росту небажаної мікрофлори, що підвищило безпечність продукту і дозволило подовжити термін його придатності.

**Висновки.** Термокислотна коагуляція є перспективним способом виробництва сиру і має ряд переваг. Перш за все, даний спосіб отримання молочного згустку характеризується високим ступенем вилучення білків молока за рахунок осадження як казеїнів, так і сироваткових білків. Наявність сироваткових білків зі збалансованим амінокислотним складом підвищує біологічну цінність отриманого продукту.

Термокислотний спосіб отримання сиру простий у виконанні, не потребує використання камер визрівання, натомість дозволяє використовувати сировину ширшого діапазону порівняно з виробництвом сирів за традиційними технологіями. Крім того, отримані способом термокислотної коагуляції молочні згустки є хорошими носіями біологічно активних компонентів і можуть використовуватись для створення продуктів оздоровчо-профілактичного призначення.

#### Бібліографія

1. Walther B., Schmid A., Sieber R., Wehrmuller K. Cheese in nutrition and health Dairy Sci. Technol. 2008. 88. P. 389–405.
2. Fox P.F., Timothy P. Guinee Cheese Science and Technology. In Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health; Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., Eds.; John & Wiley and Sons Ltd:Hoboken, NJ, USA, 2013. P. 357–389.
3. Farkye N.Y., Prasad B.B., Rossi R., Noyes O.R. Sensory and textural properties of Queso Blanco-type cheese influenced by acid type. J. Dairy Sci. 1995. 78. P. 1649–1656.

4. Ortiz L.C., Darré M., Ortiz C.M., Massolo J.F., Vicente A.R. Quality and yield of Ricotta cheese as affected by milk fat content and coagulant type *International Journal of Dairy Technology*. 2017. № 2. P. 340–346.
5. Vasilakis G., Karayannis D., Massouras T., Politis I., Papanikolaou, S. Biotechnological Conversions of Mizithra Second Cheese Whey by Wild-Type Non-Conventional Yeast Strains: Production of Yeast Cell Biomass, Single-Cell Oil and Polysaccharides *Appl. Sci.* 2022. 12(22), 11471; <https://doi.org/10.3390/app122211471>.
6. Перцевий Ф. В. та ін. Технології харчової та кулінарної продукції з використанням білків молока. Харків : ХДУХТ, 2010. 224 с.
7. Oldfield D. J., Singh H., Taylor M. W. Association of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelles in skim milk heated in an ultra-high temperature plant. *Int. Dairy J.* 1998. 8. P. 765–770.
8. Schorsch C., Wilkins D. K., Jones M. G., Norton I. T. Gelation of casein-whey mixtures: effects of heating whey proteins alone or in the presence of casein micelles. *J. Dairy Res.* 2001. 68. P. 471–481.
9. Lucey J. A., Tamehana M., Singh H., Munro P. A. Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels. *J. Dairy Res.* 1998. 65:555–567.
10. Vasbinder A. J., Kruif de C. G. Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *Int. Dairy J.* 2003. 13. P. 669–677.
11. Oldfield D. J., Singh H., Taylor M. W., Pearce K. N. Heat-induced interactions of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelle in pH-adjusted skim milk. *Int. Dairy J.* 2000. 10. P. 509–518.
12. Vasbinder, A. J., Kruif C.G. 2003. Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *Int. Dairy J.* 13. P. 669–677.
13. Cho Y., Singh H., Creamer L.K. Heat-induced interactions of  $\beta$ -lactoglobulin A and  $\kappa$ -casein B in a model system. *J. Dairy. Res.* 2003. 70. P. 61–71.
14. Lucey J.A. Formation and physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.* 2002. 85. P. 281–294.
15. Смирнова И. А. Теоретическое обоснование и исследование закономерностей формирования сыров с термокислотной коагуляцией белков молока: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04. Кемерово, 2003. 40 с.
16. Oldfield D. J., Singh H., Taylor M. W. Association of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelles in skim milk heated in an ultra-high temperature plant. *Int. Dairy J.* 1998. 8. P. 765–770.
17. Qian F., Sun J., Cao D., Tuo Y., Jiang S., Mu G. Experimental and modelling study of the denaturation of milk protein by heat treatment. *Korean J. Food Sci.* 2017. 37. P. 44–51.
18. Lucey J. A., Johnson M. E., Horne D. S. Invited Review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.* 2003. 86. P. 2725–2743.
19. Орлюк Ю. Т., Калмикова Г. Ф. Вплив різних реагентів на вихід сирної маси при термокислотній коагуляції білків молока. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. 2009. Т. 11, № 3 (42). С. 264–268.
20. Bergamaschi M., Cipolat-Gotet C., Stocco G., Valorz C., Bazzoli I., Sturaro E., Ramanzin M., Bittante G. Cheesemaking in highland pastures: Milk technological properties, cream, cheese and Ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition. *J. Dairy Sci.* 2016. 99. P. 9631–9646.
21. Tripaldi C., Rinaldi S., Palocci G., Giovanni S., Campagna M.C., Russo C., Zottola T. Chemical and microbiological characteristics of homogenised Ricotta cheese produced from buffalo whey. *Ital. J. Food Sci.* 2020. 32. P. 292–309.
22. Spanu C., Scarano C., Piras F., Spanu V., Pala C., Casti D., Lamon S., Cossu F., Ibba M., Nieddu G., Santis E. Testing commercial biopreservative against spoilage microorganisms in MAP packed Ricotta fresca cheese. *Food Microbiol.* 2017. 66. P. 72–76.
23. Toppino P.M., Campagnol L., Carminati D., Mucchetti G., Povolo M., Benedetti S., Riva M. Shelf life study of packed industrial ricotta cheese. *Ital. J. Food Sci.* 2004. Special Issue. P. 252–266.
24. Paskaš S., Miočinović J., Savić M., Ješić G., Rašeta M., Becskei Z. Comparison of the chemical composition of whey cheeses: Urda and ricotta. *Maced. Vet. Rev.* 2019. 42. P.151–161.
25. Mucchetti G., Carminati D., Pirisi A. Ricotta fresca vaccina ed ovina: Osservazioni sulle tecniche di produzione e sul prodotto. *Il Latte* 2002. 27. P. 154–166.

26. Spanu C., Scarano C., Piras F., Spanu V., Pala C., Casti D., Lamon S., Cossu F., Ibba M., Nieddu G., Santis E. Testing commercial biopreservative against spoilage microorganisms in MAP packed Ricotta fresca cheese. *Food Microbiol.* 2017. 66. P. 72–76.

27. Siyar Z., Motamedzadegan A., Milani J., Rashidinejad A. The effect of the liposomal encapsulated saffron extract on the physicochemical properties of a functional ricotta cheese. *Molecules* 2022. 27:120. <https://doi.org/10.3390/molecules27010120>.

28. Nzekoue K. F., Alesi A., Vittori S., Sagratini G., Caprioli G. Development of a functional whey cheese (ricotta) enriched in phytosterols: Evaluation of the suitability of whey cheese matrix and processing for phytosterols supplementation. *LWT* 2021. 139:110479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110479>.

29. Sameer B., Ganguly S., Khetra Y., Sabikhi L. Development and characterization of probiotic buffalo milk ricotta cheese. *Lebensm. Wiss. Technol.* 2020. 121(1):108944. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108944>.

30. Park H., Kim Y., Do K., Kim J., Ham J., Lee W. Effects of Queso Blanco Cheese Containing *Bifidobacterium longum* KACC 91563 on the Intestinal Microbiota and Short Chain Fatty Acid in Healthy Companion Dogs Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 2018. 38(6). P. 1261–1272.

31. Madureira A., Pintado M., Gomes A., Malcata F. Incorporation of Probiotic Bacteria in Whey Cheese: Decreasing the Risk of Microbial Contamination *Journal of Food Protection*. 2011. Vol. 74. № 7. P. 1194–1199.

## References

1. Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., Wehrmuller, K. (2008). Cheese in nutrition and health *Dairy Sci. Technol.* 88. 389–405.

2. Patrick, F. Fox, Timothy, P. (2013). *Guinee Cheese Science and Technology*. In *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*; Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., Eds.; John & Wiley and Sons Ltd: Hoboken, NJ, USA, (2013). P. 357–389.

3. Farkye, N. Y., Prasad, B. B., Rossi, R., Noyes O. R. (1995). Sensory and textural properties of Queso Blanco-type cheese influenced by acid type. *J. Dairy Sci.* 78. P. 1649–1656.

4. Ortiz, L. C., Darré, M., Ortiz, C. M., Massolo, J. F., Vicente, A. R. (2017). Quality and yield of Ricotta cheese as affected by milk fat content and coagulant type *International Journal of Dairy Technology*. № 2. P. 340–346.

5. Vasilakis, G., Karayannis, D., Massouras, T., Politis, I., Papanikolaou, S. (2022). Biotechnological Conversions of Mizithra Second Cheese Whey by Wild-Type Non-Conventional Yeast Strains: Production of Yeast Cell Biomass, Single-Cell Oil and Polysaccharides. *Appl. Sci.* 12(22), 11471; <https://doi.org/10.3390/app122211471>.

6. Pertsevyi, F. V. et al. (2010). *Tekhnolohii kharchovoi ta kulinarnoi produktsii z vykorystanniam bilkiv moloka* [Technologies of food and culinary products using milk proteins]. Kharkiv : KhDUKhT. 224 p. [in Ukrainian].

7. Oldfield, D. J., Singh, H., Taylor, M. W. (1998). Association of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelles in skim milk heated in an ultra-high temperature plant. *Int. Dairy J.* 8. P. 765–770.

8. Schorsch, C., Wilkins, D. K., Jones, M. G. Norton I. T. (2001). Gelation of casein-whey mixtures: effects of heating whey proteins alone or in the presence of casein micelles. *J. Dairy Res.* 68. P. 471–481.

9. Lucey, J. A., Tamehana, M., Singh, H., Munro, P. A. (1998). Effect of interactions between denatured whey proteins and casein micelles on the formation and rheological properties of acid skim milk gels. *J. Dairy Res.* 65. P. 555–567.

10. Vasbinder, A. J., Kruif, C. G. (2003). Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *Int. Dairy J.* 13. P. 669–677.

11. Oldfield, D. J., Singh, H., Taylor, M. W., Pearce, K. N. (2000). Heat-induced interactions of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelle in pH-adjusted skim milk. *Int. Dairy J.* 10. P. 509–518.

12. Vasbinder A.J., Kruif C.G. (2003). Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *Int. Dairy J.* 13. P. 669–677.

13. Cho, Y., Singh, H., Creamer, L. K. (2003). Heat-induced interactions of  $\beta$ -lactoglobulin A and  $\kappa$ -casein B in a model system. *J. Dairy. Res.* 70:61–71.

14. Lucey, J. A. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *J. Dairy Sci.* 85. P. 281–294.
15. Smirnova, I. A. (2003). *Teoreticheskoe obosnovanie i issledovanie zakonornosti formirovaniya sirov s termokislотноi koagulyatsiei belkov moloka* [Theoretical substantiation and study of the patterns of formation of cheeses with thermal acid coagulation of milk proteins]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk : 05.18.04. Kemerovo. 40 p. [in russian].
16. Oldfield, D. J., Singh, H., Taylor, M. W. (1998). Association of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin with the casein micelles in skim milk heated in an ultra-high temperature plant. *Int. Dairy J.* 8. P. 765–770.
17. Qian, F., Sun, J., Cao, D., Tuo, Y., Jiang, S., Mu, G. (2017). Experimental and modelling study of the denaturation of milk protein by heat treatment. *Korean J. Food Sci.* 37. P. 44–51.
18. Lucey, J. A., Johnson, M. E., Horne, D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.* 86. P. 2725–2743.
19. Orliuk, Y. T., Kalmykova, H. F. (2009). Vplyv riznykh reahentiv na vykhid syrnoi masy pry termokyslотноi koagulyatsii bilkiv moloka. [The influence of various reagents on the yield of curd mass during thermoacidic coagulation of milk proteins]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Hzhyskoho.* V. 11, №3 (42). P. 264–268. [in Ukrainian].
20. Bergamaschi, M., Cipolat-Gotet, C., Stocco, G., Valorz, C., Bazzoli, I., Sturaro, E., Ramanzin, M., Bittante, G. (2016). Cheesemaking in highland pastures: Milk technological properties, cream, cheese and Ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition. *J. Dairy Sci.* 99. P. 9631–9646.
21. Tripaldi, C., Rinaldi, S., Palocci, G., Giovanni, S., Campagna, M. C., Russo, C. D., Zottola, T. (2020). Chemical and microbiological characteristics of homogenised Ricotta cheese produced from buffalo whey. *Ital. J. Food Sci.* 32. P. 292–309.
22. Spanu, C., Scarano, C., Piras, F., Spanu, V., Pala, C., Casti, D., Lamon, S., Cossu, F., Ibba, M., Nieddu, G., Santis, E. (2017). Testing commercial biopreservative against spoilage microorganisms in MAP packed Ricotta fresca cheese. *Food Microbiol.* 66. P. 72–76.
23. Toppino, P. M., Campagnol, L., Carminati, D., Mucchetti, G., Povolo, M., Benedetti, S., Riva, M. (2004). Shelf life study of packed industrial ricotta cheese. *Ital. J. Food Sci. Special Issue.* P. 252–266.
24. Paskaš, S., Miočinović, J., Savić, M., Ješić, G., Rašeta, M., Becskei, Z. (2019). Comparison of the chemical composition of whey cheeses: Urda and ricotta. *Maced. Vet. Rev.* 42. P. 151–161.
25. Mucchetti, G., Carminati, D., Pirisi, A. (2002). Ricotta fresca vaccina ed ovina: Osservazioni sulle tecniche di produzione e sul prodotto. *Il Latte* 27. P. 154–166.
26. Spanu, C., Scarano, C., Piras, F., Spanu, V., Pala, C., Casti, D., Lamon, S., Cossu, F., Ibba, M., Nieddu, G., Santis, E. (2017). Testing commercial biopreservative against spoilage microorganisms in MAP packed Ricotta fresca cheese. *Food Microbiol.* 66. P. 72–76.
27. Siyar, Z., Motamedzadegan, A., Milani, J., Rashidinejad, A. (2022). The effect of the liposomal encapsulated saffron extract on the physicochemical properties of a functional ricotta cheese. *Molecules* 27:120. <https://doi.org/10.3390/molecules27010120>.
28. Nzekoue, K. F., Alesi, A., Vittori, S., Sagratini, G., Caprioli, G. (2021). Development of a functional whey cheese (ricotta) enriched in phytosterols: Evaluation of the suitability of whey cheese matrix and processing for phytosterols supplementation. *LWT* 139:110479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110479>.
29. Sameer, B., Ganguly, S., Khetra, Y., Sabikhi, L. (2020). Development and characterization of probiotic buffalo milk ricotta cheese. *Lebensm. Wiss. Technol.* 121(1):108944. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108944>.
30. Park, H., Kim, Y., Do, K., Kim, J., Ham, J., Lee, W. (2018). Effects of Queso Blanco Cheese Containing *Bifidobacterium longum* KACC 91563 on the Intestinal Microbiota and Short Chain Fatty Acid in Healthy Companion Dogs *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 38(6). P. 1261–1272.
31. Madureira, A., Pintado, M., Gomes, A., Malcata, F. (2011). Incorporation of Probiotic Bacteria in Whey Cheese: Decreasing the Risk of Microbial Contamination *Journal of Food Protection*, Vol. 74. № 7. P. 1194–1199.