

УДК 637.146; 621.67; 664.01.

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2026.2.2.13>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУЛАЧКОВОГО НАСОСА НА ПРОЦЕС РУЙНУВАННЯ СИРНОГО ЗЕРНА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

Кравець О. І. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри обладнання харчових технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
ORCID ID: 0000-0002-3309-9962
Scopus-Author ID: 57211205224

Шинкарик М. М. – кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри обладнання харчових технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
ORCID ID: 0000-0003-3489-9803

Ворощук В. Я. – кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри обладнання харчових технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
ORCID ID: 0000-0002-8943-1493
Scopus-Author ID: 57196075685

Паперняк Р. В. – аспірант кафедри обладнання харчових технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
ORCID ID: 0009-0007-2427-459

Однією з актуальних проблем сучасних технологій виробництва кисломолочного сиру є пошкодження структури сирного зерна під впливом механічних навантажень, які виникають у процесі його транспортування, перемішування та виконання інших технологічних операцій. Унаслідок такого механічного впливу відбувається подрібнення сирного зерна з утворенням дрібнодисперсної білково-жирової фракції – сирного пилу, який частково потрапляє у сироватку та втрачається разом із нею під час технологічного процесу.

Це спричиняє зниження виходу готової продукції, втрати поживно цінних складових молочної сировини, а також може погіршувати структурно-механічні характеристики сиру. Окрім цього, підвищена концентрація сирного пилу в сироватці ускладнює її подальшу технологічну обробку та зменшує ефективність процесів розділення.

Метою досліджень було визначення впливу кулачкових насосів, що використовуються для транспортування сирного зерна та сироватки із сировиготовлювача в наступне обладнання лінії, на процес руйнування сирного зерна.

Об'єктом дослідження був вміст дрібних частинок сирного зерна, так званого сирного пилу, у сироватці на вході та на виході із кулачкового насоса лінії виробництва сиру кисломолочного жирністю 5%.

Встановили, що застосування сучасних високомеханізованих технологічних ліній у виробництві кисломолочного сиру супроводжується збільшенням втрат сировини у вигляді дрібнодисперсних частинок сирної маси (сирного пилу) порівняно з традиційними технологіями. Це зумовлено насамперед зростанням інтенсивності механічного впливу на сирне зерно під час виконання технологічних операцій.

Кулачкові насоси відповідальні за утворення основної кількості сирного пилу при виробництві сиру кисломолочного – у них утворюється близько 60% від загальної кількості сирного пилу, що переходить у сироватку.

Ключові слова: сир кисломолочний, сирний пил, кулачковий насос.

© Кравець О. І., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я., Паперняк Р. В., 2026



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Kravers O. I., Shynkaryk M. M., Voroshchuk V. Ya., Paperniak R. V. Investigation of the effect of a lobe pump on curd grain degradation during cottage cheese production

One of the urgent problems in modern cottage cheese production technologies is the damage to the curd grain structure caused by mechanical loads arising during transportation, mixing, and other technological operations. As a result of such mechanical impact, the curd grains are fragmented, leading to the formation of a fine protein-fat fraction, the so-called curd dust, which partially transfers into the whey and is lost during the technological process.

This results in a decrease in the yield of the final product, losses of valuable nutritional components of the dairy raw material, and may also negatively affect the structural and mechanical properties of the cheese. In addition, an increased concentration of curd dust in whey complicates its further processing and reduces the efficiency of separation processes.

The aim of this study was to determine the influence of lobe pumps used for transporting curd grains and whey from the curd-making unit to subsequent processing equipment on the process of curd grain destruction.

The object of the study was the content of fine curd particles (curd dust) in whey at the inlet and outlet of a lobe pump in a production line for 5% fat cottage cheese.

It was established that the use of modern highly mechanized production lines for cottage cheese manufacturing leads to increased raw material losses in the form of fine dispersed curd particles (curd dust) compared to conventional technologies. This is primarily due to the increased intensity of mechanical impact on the curd grains during technological operations.

Lobe pumps are responsible for the formation of the major portion of curd dust during cottage cheese production, accounting for about 60% of the total amount of curd dust transferred into the whey.

Key words: *cottage cheese, curd dust, lobe pump.*

Постановка проблеми. Сир кисломолочний належить до продуктів масового споживання з високою харчовою та біологічною цінністю. Якість готового продукту та економічна ефективність його виробництва значною мірою залежать від збереження структури сирного зерна під час технологічної обробки. Однією з важливих проблем сучасного виробництва є руйнування сирного зерна під дією механічних навантажень, що виникають під час транспортування, перемішування та інших технологічних операцій [1-3].

У результаті механічного руйнування сирного зерна утворюється дрібно-дисперсна білково-жирова фракція, так званий сирний пил, який частково переходить у сироватку та виноситься з технологічного процесу. Це призводить до зменшення виходу готового продукту, втрат цінних компонентів молочної сировини, а також може негативно впливати на структурно-механічні властивості сиру. Крім того, підвищений вміст сирного пилу у сироватці ускладнює її подальшу переробку та знижує ефективність процесів сепарації.

Актуальність роботи. Одним із критичних факторів, що впливають на структуру, консистенцію та вихід сиру кисломолочного, є інтенсивність механічного впливу транспортуючого обладнання, зокрема насосів, які використовуються для перекачування сирного згустку та сирного зерна.

У сучасних технологічних лініях виробництва кисломолочного сиру для транспортування сирної маси застосовуються різні типи насосів, серед яких особливе місце займають кулачкові насоси.

Незважаючи на широке застосування кулачкових насосів у молочної промисловості, питання їх впливу на збереження цілісності сирного зерна залишаються недостатньо дослідженими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [4] відзначається суттєвий забруднювальний потенціал молочної сироватки, який значною мірою обумовлений високим вмістом органічних речовин. Водночас кількісна оцінка складу цих речовин не входила до кола завдань зазначеного дослідження.

Відомо, що молочна сироватка містить значну частину біологічно-цінних компонентів молока, що зумовлює її розгляд не лише як відходу, а і як цінного вторинного ресурсу.

Окремі дані щодо вмісту сирного пилу в молочній сироватці наведені у роботах [5], де досліджувалась сироватка, отримана при виробництві кисломолочного сиру в США. Крім того, відомі дослідження [6], виконані на виробничих лініях із використанням сирних ванн, відповідно до яких вміст сирного пилу в сироватці становить близько 3,1 кг/м³. У зазначених публікаціях втрати сирної маси розглядаються переважно з точки зору їх кількісної оцінки, без аналізу факторів і параметрів процесу, що визначають інтенсивність цих втрат. Таким чином, метою авторів було встановлення загального рівня втрат для конкретних виробничих умов.

У роботі [7] визначено гранулометричний склад сирного пилу, що утворюється при виробництві кисломолочного сиру з використанням сирних ванн. Показано, що основна маса сирного пилу зосереджена у частинках, розміри яких дозволяють їх видалення шляхом традиційного фільтрування. На підставі отриманих результатів запропоновано методи очищення сироватки. Водночас у цьому дослідженні не передбачалося вивчення динаміки зміни вмісту сирного пилу та його дисперсного складу впродовж технологічного процесу, що обмежує можливість розробки заходів, спрямованих на запобігання його утворенню.

У дослідженні [8] на прикладі виробництва сиру Idiazabal показано взаємозв'язок між умовами технологічного процесу та втратами білка і жиру із сироваткою. Встановлено, що підвищені втрати спостерігаються при розрізанні сирного згустку з надмірною твердістю у поєднанні з високою інтенсивністю різання та нагрівання. Однак зазначені результати були отримані в умовах невеликих сироварень із низьким рівнем механізації, що обмежує можливість їх безпосереднього застосування для сучасних механізованих ліній виробництва кисломолочного сиру.

Існують також дослідження, що демонструють залежність між якістю вихідного молока та втратами білка із сироваткою у вигляді сирного пилу [9]. Якість молока оцінювали за вмістом білка і жиру, а також за його коагуляційними властивостями. Отримані результати свідчать, що використання молока вищої якості забезпечує менші втрати дисперсного білка. Водночас автори зазначають, що якість молока значною мірою залежить від сезонних факторів і, відповідно, є параметром, який важко піддається оперативному регулюванню. Таким чином, ці дослідження фіксують наявність втрат, але не пропонують дієвих шляхів їх зниження.

Низка робіт присвячена аналізу впливу режимних параметрів роботи сировиготовлювачів – ступеня різання, швидкості перемішування, тривалості обробки та температури – на вміст сирного пилу в сироватці. Зокрема, у роботі [10] встановлено, що як зниження інтенсивності розрізання згустку, так і підвищення швидкості перемішування сприяють утворенню сирного пилу, тоді як мінімальне руйнування сирного зерна спостерігається за помірних режимів різання. За даними [11], раннє розрізання згустку та підвищена температура процесу також призводять до зростання втрат білка. Крім того, показано, що надлишковий вміст кальцію зумовлює утворення надмірно твердого і крихкого згустку, схильного до руйнування, тоді як його нестача сприяє формуванню м'якого згустку, який легко пошкоджується під час механічної обробки.

Разом з тим у роботах [10, 11] утворення сирного пилу розглядається виключно в межах процесів, що відбуваються у сировиготовлювачі. Відсутність досліджень інших апаратів лінії пояснюється традиційним уявленням про те, що основна

частина сирного пилу формується саме на стадії обробки згустку. Таке припущення є обґрунтованим для ліній із використанням сирних ванн та низьким рівнем механізації. Проте за умов сучасних високопродуктивних ліній, де механічний вплив на сирне зерно здійснюється на декількох стадіях технологічного процесу, цей підхід може бути неповним.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що існуючі дослідження зосереджені або на загальній оцінці втраг сирного пилу при виробництві різних видів сирів, або на впливі режимів обробки згустку у сировиготовлювачі. Водночас є підстави вважати, що утворення сирного пилу відбувається також в інших елементах технологічної лінії, зокрема у насосах для транспортування суспензії «сирне зерно – сироватка», де присутній суттєвий механічний вплив на продукт.

Метою досліджень було визначення впливу кулачкових насосів, що використовуються для транспортування сирного зерна та сироватки із сировиготовлювача в наступне обладнання лінії, на процес руйнування сирного зерна.

Для досягнення цієї мети виконували наступні завдання:

- визначити вміст сирного пилу в сироватці на вході у насос та на виході із нього;
- визначити частку сирного пилу, що утворюється при перекачуванні сирного зерна насосами.

Методика досліджень. Об'єктом дослідження був вміст дрібних частинок сирного зерна, так званого сирного пилу, у сироватці на вході та на виході із кулачкового насоса лінії виробництва сиру кисломолочного жирністю 5%.

Сирним пилом вважалися дрібні частинки білка, що утворилися у результаті пошкодження або руйнування сирного зерна на різних ділянках лінії виробництва сиру кисломолочного.

У ході досліджень аналізували зразки молочної сироватки, що містили дисперсні частинки сирного пилу, зважені в рідкій фазі. Відбір проб здійснювали безпосередньо під час виробництва кисломолочного сиру на механізованій технологічній лінії. Місця відбору зразків сироватки та відповідну методику представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Особливості відбору зразків сироватки

№ з.п	Місце відбору зразків	Методика відбору зразків сироватки
1	На вході у кулачковий насос	Кожні 20 хв відбирали по 1500 мл суспензії сирне зерно-сироватка та фільтрували крізь фільтрувальну поверхню із розмірами отворів 1,0 мм, з метою відділення сирного зерна
2	На виході із кулачкового насоса	
3	На виході із лінії виробництва сиру кисломолочного	Протягом процесу зливання сироватки із стрічкового транспортера через кожні 10 хв відбирали 1000 мл сироватки

Кожну відібрану пробу зливали до однієї із трьох ємностей, що відповідала конкретному пункту відбору зразків. У цих ємностях сироватку витримували протягом 3 годин для забезпечення осадження частинок сирного пилу; тривалість відстоювання обирали з урахуванням розрахункової швидкості осідання частинок розміром близько 0,1 мм. Після завершення відстоювання частину освітленої сироватки відбирали за допомогою шланга, розміщеного на відстані 50 мм від

верхньої межі сформованого осаду. У результаті в ємностях залишалася суміш осаду та залишкової сироватки, яку ретельно перемішували та поділяли на п'ять рівних частин.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень вміст сирного пилу в молочній сироватці виконували з метою перевірки відтворюваності отриманих даних, встановлення характерних тенденцій зміни показників на окремих стадіях технологічного процесу, а також оцінювання достовірності результатів досліджень.

Усі експериментальні визначення проводили щонайменше у триразовій повторюваності. Для кожної стадії виробництва обчислювали середнє арифметичне значення досліджуваних параметрів, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації, що дало змогу охарактеризувати рівень розсіювання експериментальних даних і оцінити стабільність процесу руйнування сирного зерна.

Виклад основного матеріалу. Вміст сирного пилу в сироватці у різних місцях лінії показано у вигляді діаграми (рис. 1). Вміст сирного пилу у сироватці на виході в кулачковий насос становить $1,1 \text{ кг/м}^3$. Проходження суспензії сирне зерно-сироватка крізь кулачковий насос супроводжується суттєвим зростанням вмісту сирного пилу в сироватці до $7,2 \text{ кг/м}^3$.



Рис. 1. Вміст сирного пилу в сироватці

Водночас кінцевий вміст сирного пилу в сироватці на виході із лінії є значно нижчим у порівнянні із вмістом після кулачкового насосу. Такий результат пояснюється тим, що в кінцевий об'єм сироватки також входить значна її частина, близько 440-450 кг із розрахунку на 1000 кг переробленого молока, яка була відділена безпосередньо із сировиготовлювача (рис. 2), і не проходила через кулачковий насос та інше обладнання. Концентрація сирного пилу у цій сироватці відповідає його концентрації у суспензії на вході в кулачковий насос, тобто становить $1,1 \text{ кг/м}^3$.

Враховуючи це можна визначити внесок сировиготовлювача, кулачкового насосу та іншого обладнання в концентрацію сирного пилу в загальному кінцевому об'ємі сироватки (включаючи сироватку, що була відведена із сировиготовлювача).



Рис. 2. Маса сироватки, що відводиться на різних етапах виробництва сиру кисломолочного

Отримані дані представимо у вигляді графіка (рис. 3).

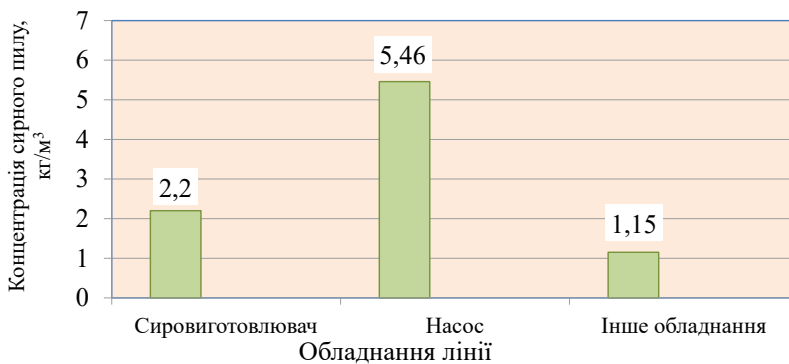


Рис. 3. Внесок обладнання лінії у кінцеву концентрації сирного пилу в загальному об'ємі сироватки

Таким чином найбільший внесок в утворення сирного пилу, а значить і в руйнування сирного зерна, робить кулачковий насос – у ньому утворюється 62% від усієї маси сирного пилу утвореного при виробництві сиру кисломолочного на даній технологічній лінії.

Попри це, кулачкові насоси залишаються одним із найпоширеніших технічних засобів для переміщення сирного зерна. Така практика значною мірою зумовлена тим, що виробники обладнання позиціонують ці насоси як такі, що забезпечують делікатний режим транспортування продукту. Водночас характер впливу робочих елементів насоса на матеріал, який перекачується, визначається не лише конструктивними особливостями та режимними параметрами обладнання, а й фізико-механічними властивостями самого продукту.

Слід відмітити, що кулачкові насоси дійсно забезпечують відносно щадну дію, однак ця перевага не є універсальною і не поширюється на всі типи продуктів. Зокрема, вони ефективні під час транспортування суспензій, дисперсна фаза яких представлена плодами або їх фрагментами, що мають високу еластичність і здатність до пружних деформацій. На відміну від таких матеріалів, сирне зерно не володіє подібними властивостями, тому навіть за умов помірної механічної навантаження зазнає деформації, пошкодження та часткового руйнування.

Унаслідок цього використання кулачкових насосів для транспортування сирного зерна неминуче призводить до підвищених втрат сировини.

Можна припустити, що руйнування сирного зерна при його проходженні крізь кулачковий насос переважно відбувається у двох зонах. Зона 1 (рис. 4) розміщена в місцях замикання камер, у яких продукт переміщається в насосі. При замиканні камери, коли поверхня кулачка наближається на мінімальну відстань до внутрішньої поверхні стінки корпусу, відбувається деформація та руйнування сирного зерна, яке було затиснуте між цими двома поверхнями.

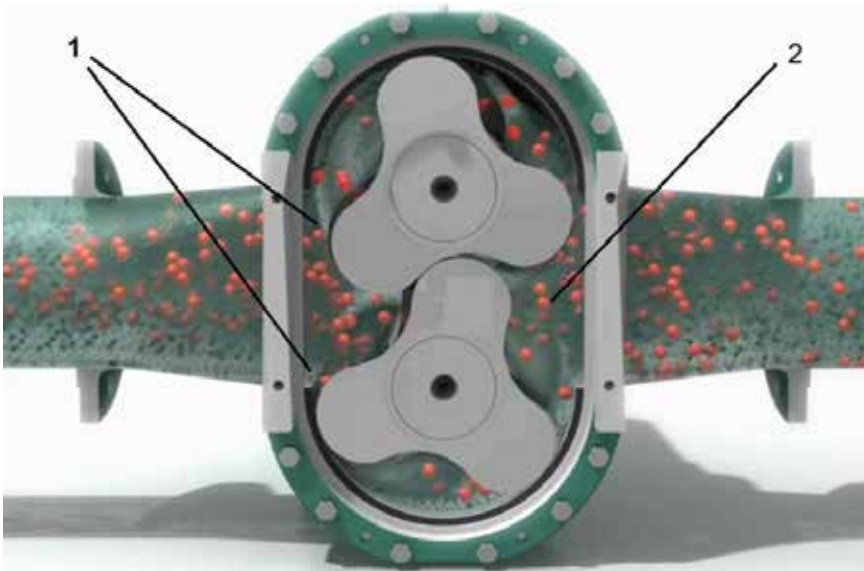


Рис. 4. Схема кулачкового насоса

1, 2 – зони пошкодження та руйнування сирного зерна

Зона 2 розміщена з протилежного боку насоса, там де продукт виходить із камер. У результаті турбулізації потоку, в місці утворення єдиного потоку суспензії, відбувається руйнування частинок сирного зерна, які були попередньо деформовані у зоні 1.

Отримані результати свідчать, що при виробництві сиру кисломолочного на сучасних механізованих лініях руйнування сирного зерна має більш виражений характер у порівнянні із виробництвом сиру кисломолочного традиційним способом із використанням відкритих сирних ванн. При цьому рівень руйнування сирного зерна визначали концентрацією сирного пилу в сироватці, отриманій при виробництві продукту. Було встановлено, що концентрація сирного пилу в сироватці, отриманій при виробництві сиру кисломолочного на сучасних лініях становить $5,4 \text{ кг/м}^3$, що значно перевищує відповідне значення при виробництві продукту із використанням відкритих ванн (рис. 5).

При цьому найбільший внесок у руйнування сирного зерна належить обладнанню для його транспортування – кулачковим насосам. Таким чином на ряду із очевидними позитивними наслідками підвищення рівня механізації процесу виробництва сиру кисломолочного слід відмітити і негативний – підвищення рівня руйнування сирного зерна та втрат сировини.

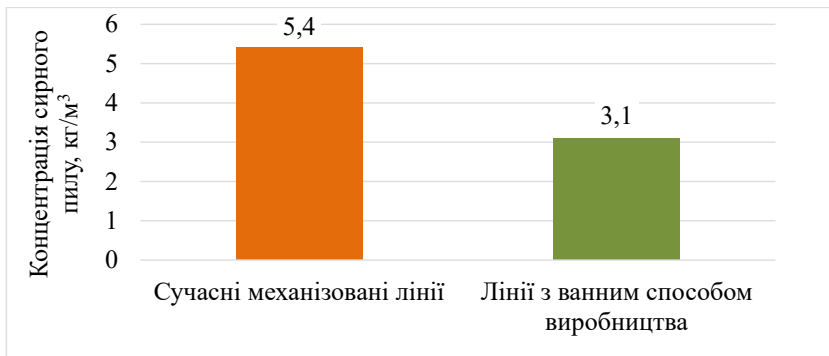


Рис. 5. Концентрація сирного пилу в сироватці, отриманій при виробництві сиру кисломолочного

Висновки. Використання сучасних високомеханізованих технологічних ліній виробництва кисломолочного сиру супроводжується підвищенням втрат сировини у вигляді сирного пилу порівняно з традиційними лініями. Основною причиною цього є інтенсифікація механічного впливу на сирне зерно в процесі технологічної обробки.

Кулачкові насоси відповідальні за утворення основної кількості сирного пилу при виробництві сиру кисломолочного – у них утворюється близько 60% від загальної кількості сирного пилу, що переходить у сироватку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mirzakulova, A., Sarsembaeva, T., Suleimenova, Z., Kowalski, Ł., Gajdzik, B., Wolniak, R., Bembenek, M. Whey: Composition, Processing, Application, and Prospects in Functional and Nutritional Beverages – A Review. *Foods*, 2025. 14 (18), 3245. <https://doi.org/10.3390/foods14183245>

2. Bilyi, V., Merzlov, S., Narizhnyy, S., Mashkin, Y., Merzlova, G. Amino Acid Composition of Whey and Cottage Cheese Under Various Rennet Enzymes. *Scientific Horizons*, 2022. 24 (9), 19–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(9\).2021.19-25](https://doi.org/10.48077/scihor.24(9).2021.19-25)
3. Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., Pereira, C. D. Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods*, 2021. 10 (5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>
4. Souli, I., Fernandes, A., Lopes, A., Gomes, I., Afonso, A., Labiadh, L., Ammar, S. Treatment of cheese whey wastewater by electrochemical oxidation using BDD, Ti/RuO₂-TiO₂, and Ti/RuO₂-IrO₂-Pt anodes: ecotoxicological and energetic evaluation. *Environmental Science and Pollution Research*, 2025. 32 (11), 7058–7069. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36174-0>
5. Moatsou, G., Moschopoulou, E. CHEESE and WHEY: The Outcome of Milk Curdling. *Foods*, 2021. 10 (5), 1008. <https://doi.org/10.3390/foods10051008>
6. Кравець, О. І., Шинкарик, М. М. Відділення сирної пилуки від сироватки як шлях економії сировини і підвищення екологічної безпеки. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, 2011. 8, 13–16. Available at: <https://socrates.vsau.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=3568>
7. Шинкарик, М. М., Кравець, О. І. Аналіз гранулометричного складу сирної пилуки. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій, 2011. 2 (40), 266–269. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2011_40%282%29_70
8. Aldalur, A., Bustamante, M. A., Salmerón, J., Barron, L. J. R. Relationships between cheese-processing conditions and curd and cheese properties to improve the yield of Idiazabal cheese made in small artisan dairies: A multivariate approach. *Journal of Dairy Science*, 2021. 104 (1), 253–269. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18926>
9. Franceschi, P., Malacarne, M., Formaggioni, P., Cipolat-Gotet, C., Stocco, G., Summer, A. Effect of Season and Factory on Cheese-Making Efficiency in Parmigiano Reggiano Manufacture. *Foods*, 2019. 8 (8), 315. <https://doi.org/10.3390/foods8080315>
10. Everard, C. D., O’Callaghan, D. J., Mateo, M. J., O’Donnell, C. P., Castillo, M., Payne, F. A. Effects of Cutting Intensity and Stirring Speed on Syneresis and Curd Losses During Cheese Manufacture. *Journal of Dairy Science*, 2008. 91 (7), 2575–2582. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0628>
11. Fagan, C. C., Castillo, M., Payne, F. A., O’Donnell, C. P., O’Callaghan, D. J. Effect of Cutting Time, Temperature, and Calcium on Curd Moisture, Whey Fat Losses, and Curd Yield by Response Surface Methodology. *Journal of Dairy Science*, 2007. 90 (10), 4499–4512. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0329>

REFERENCES:

1. Mirzakulova, A., Sarsembaeva, T., Suleimenova, Z., Kowalski, Ł., Gajdzik, B., Wolniak, R., Bembenek, M. (2025). Whey: Composition, Processing, Application, and Prospects in Functional and Nutritional Beverages – A Review. *Foods*, 14 (18), 3245. <https://doi.org/10.3390/foods14183245>
2. Bilyi, V., Merzlov, S., Narizhnyy, S., Mashkin, Y., Merzlova, G. (2022). Amino Acid Composition of Whey and Cottage Cheese Under Various Rennet Enzymes. *Scientific Horizons*, 24 (9), 19–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(9\).2021.19-25](https://doi.org/10.48077/scihor.24(9).2021.19-25)
3. Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., Pereira, C. D. (2021). Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods*, 10 (5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>
4. Souli, I., Fernandes, A., Lopes, A., Gomes, I., Afonso, A., Labiadh, L., Ammar, S. (2025). Treatment of cheese whey wastewater by electrochemical oxidation using BDD, Ti/RuO₂-TiO₂, and Ti/RuO₂-IrO₂-Pt anodes: ecotoxicological and energetic evaluation. *Environmental Science and Pollution Research*, 32 (11), 7058–7069. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36174-0>
5. Moatsou, G., Moschopoulou, E. (2021). CHEESE and WHEY: The Outcome of Milk Curdling. *Foods*, 10 (5), 1008. <https://doi.org/10.3390/foods10051008>

6. Kravets, O. I., Shynkaryk, M. M. (2011). Viddilennia syrnoi pyliuky vid syrovatky yak shliakh ekonomiyi syrovyny i pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu, 8, 13–16. Available at: <https://socrates.vsau.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=3568>
7. Shynkaryk, M. M., Kravets, O. I. (2011). Analiz hranulometrychnoho skladu syrnoi pyliuky. Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy, 2 (40), 266–269. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2011_40%282%29_70
8. Aldalur, A., Bustamante, M. A., Salmerón, J., Barron, L. J. R. (2021). Relationships between cheese-processing conditions and curd and cheese properties to improve the yield of Idiazabal cheese made in small artisan dairies: A multivariate approach. Journal of Dairy Science, 104 (1), 253–269. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18926>
9. 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, 8 (8), 315. <https://doi.org/10.3390/foods8080315>
10. Everard, C. D., O’Callaghan, D. J., Mateo, M. J., O’Donnell, C. P., Castillo, M., Payne, F. A. (2008). Effects of Cutting Intensity and Stirring Speed on Syneresis and Curd Losses During Cheese Manufacture. Journal of Dairy Science, 91 (7), 2575–2582. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0628>
11. Fagan, C. C., Castillo, M., Payne, F. A., O’Donnell, C. P., O’Callaghan, D. J. (2007). Effect of Cutting Time, Temperature, and Calcium on Curd Moisture, Whey Fat Losses, and Curd Yield by Response Surface Methodology. Journal of Dairy Science, 90 (10), 4499–4512. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0329>

Дата першого надходження статті до видання: 10.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.05.2026