

УДК 637.3. 146

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ ТВЕРДОГО ІЗ НИЗЬКОЮ
ТЕМПЕРАТУРОЮ ДРУГОГО НАГРІВАННЯ

Соломон А. М.¹, к.т.н., доцент
кафедри харчових технологій та мікробіології
<https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>

Даниленко С. Г.², д.т.н., с.н.с.,
зав. відділу біотехнологій <https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

Бондар М. М.¹, асистент кафедри
харчових технологій та мікробіології
<https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>

¹Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

²Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-14>

Харчова промисловість України є важливим сегментом продовольчого ринку, адже забезпечує населення продуктами, які містять важливі речовини у добре збалансованому співвідношенні і у легкозасвоюваній формі такі як повноцінні білки, молочний жир, мінеральні солі та вітаміни. Застосування сучасних технологій надає можливість розробляти вдалі поєднання інгредієнтів які надають харчовим продуктам специфічних органолептичних та фізико-хімічних показників. Забезпечення населення України високоякісними продуктами є однією із найважливіших місій виробників. Тому провідна роль її реалізації належить молочній промисловості особливо сироробній галузі. Світова наука про харчування визнає їх високопоживними і легкозасвоюваними продуктами. Сири, які мають високу харчову і біологічну цінність, збалансований склад основних компонентів та широкий спектр органолептичних властивостей, повинні входити в постійний раціон харчування різних категорій і вікових груп населення. Виробництво твердих сичужних сирів являє собою складний багатофункціональний процес, в якому зміна впливу навіть одного з технологічних факторів може змінити динаміку біохімічних, мікробіологічних і фізико-хімічних перетворень сирної маси, що відбивається не тільки на органолептичних властивостях та біологічній цінності кінцевого продукту, а й на його безпечності. При визріванні всі складові частини сирної маси піддаються глибоким змінам, внаслідок яких формуються специфічний смак, аромат сиру, його консистенція і рисунок. Важливою особливістю твердих сичужних сирів, виготовлених за традиційною технологією, є придатність їх до тривалого зберігання. Формування якості сирів значною мірою визначається складом і властивостями молока-сировини, мікробіологічними і біохімічними особливостями визрівання продукту, технологічними параметрами виробництва. **Предмет дослідження** – молоко-сировина, яка використовувалась при виробництві сиру твердого, бактеріальні закваски, нормалізовані суміші, сир твердий не зрілий та сир після визрівання. Значний розвиток молочної промисловості потребує нових вдосконалень та інноваційних технологій, які здатні скоротити процес без втрат показників готового продукту, тому удосконалення технологічної схеми шляхом використання поєднання штамів мікроорганізмів є одним із інноваційних рішень. **Метою даної роботи** являється удосконалення виробництва сиру твердого із низькою температурою другого нагрівання, шляхом використання унікального поєднання штамів молочнокислих бактерій. **Результат** надасть змогу удосконалити виробництво сиру функціонального призначення із кращими органолептичними та фізико-хімічними показниками. За рахунок таких технологічних змін досягнуто отримання якісного продукту із високою харчовою цінністю та

довготривалим терміном зберігання в порівнянні із сирами з високою температурою другого нагрівання у **сфері застосування** на всіх підприємствах молочного напрямку.

Ключові слова: сировина, молоко, лактококи, сир твердий, біологічна цінність, якість, виробництво

MODERN TRENDS IN THE PRODUCTION OF HARD CHEESE WITH A LOW TEMPERATURE OF THE SECOND HEATING

*Alla Solomon*¹, PhD, Associate Professor,

Department of Food Technologies and Microbiology

<https://orcid.org/0000-0003-2982-302X>

*Svitlana Danylenko*², D-r of Sciences, Technics, Senior Research

Head of Department of Biotechnology <https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

*Mariana Bondar*¹, assistant

Department of Food Technologies and Microbiology

<https://orcid.org/0000-0001-8154-0612>

¹Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine

²Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-14>

The food industry of Ukraine is an important segment of the food market, because it provides the population with products containing important substances in a well-balanced ratio and in an easily digestible form, such as complete proteins, milk fats, mineral salts and vitamins. The use of modern technologies makes it possible to develop successful combinations of ingredients that give food products specific organoleptic and physico-chemical characteristics. Providing the population of Ukraine with high-quality products is one of the most important missions of manufacturers. Therefore, the leading role in its implementation belongs to the dairy industry, especially the cheese industry. The world science of nutrition recognizes them as highly nutritious and easily digestible foods. Cheeses, which have a high nutritional and biological value, a balanced composition of the main components and a wide range of organoleptic properties, should be included in the constant diet of different categories and ages of the population. The production of hard rennet cheeses is a complex multifunctional process in which a change in the influence of even one of the technological factors can change the dynamics of biochemical, microbiological and physico-chemical transformations of the cheese mass, which is reflected not only in the organoleptic properties and biological value of the final product, but also in its security. During maturation, all the components of the curd mass undergo profound changes, as a result of which a specific taste, aroma of curd, its texture and pattern are formed. An important feature of hard rennet cheeses made according to traditional technology is their suitability for long-term storage. The formation of the quality of cheeses is largely determined by the composition and properties of raw milk, microbiological and biochemical features of product maturation, technological parameters of production. **The subject** of the study is raw milk, which was used in the production of hard cheese, bacterial starter cultures, normalized mixtures, unripe hard cheese and cheese after aging. The significant development of the dairy industry requires new improvements and innovative technologies that can shorten the process without losing the performance of the finished product, so the improvement of the technological scheme by using a combination of microorganism strains is one of the innovative solutions. **The aim** of this work is to improve the production of hard cheese with a low temperature of the second heating, by using a unique combination of strains of lactic acid bacteria. **The result will** improve the production of functional raw materials with the best organoleptic and physico-chemical parameters. Due to such technological changes, a high-quality product with high nutritional value and a long shelf life has been achieved in comparison with cheeses with a high

*temperature of the **second heating** in the field of application at all dairy enterprises.*

Keywords: *raw materials, milk, lactococci, hard cheese, biological value, quality, production*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досить цікавим є фактом, що на ринку України досить популярними є сири тверді із низькою температурою другого нагрівання і попит на них постійно зростає.

Попит на тверді сири спричинений насамперед складом основних компонентів та широким спектром органолептичних властивостей адже містить основні поживні компоненти та продукти їх перетворення, які необхідні для організму людини. Розвиток ринку сиру потребує постійного удосконалення існуючих способів його виробництва і пошуку нових технологічних рішень, які дозволять нівелювати низьку якість сировини, що сьогодні є серйозною проблемою для вітчизняного сировиробництва. Основним напрямком розвитку сировиробництва на сучасному етапі є удосконалення існуючих технологічних процесів, розробка ресурсозберігаючих технологій і підвищення безпечності та якості натуральних твердих сичужних сирів.

Виробництва твердих сирів є дуже клопітким та багатофункціональним процесом, в якому навіть зміна одного чинника може вплинути на якість продукції в кінцевому результаті. Адже це може змінити низку біохімічних, фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень, які відбуваються під час виготовлення та дозрівання продукту, а також вплинути на безпечність продукту [1, 3].

Але важливо пам'ятати, що всі процеси відіграють важливу роль у виробництві починаючи від приймання молока, його теплової обробки, нормалізації до утворення згустку, формування та дозрівання сиру.

Одним варіантом осучаснення тенденцій виробництва твердого сиру є скорочення терміну визрівання сирів, що надасть можливість збільшити обсяги виробництва, збільшити обіг камер зберігання, як наслідок – покращити економічний стан підприємства.

При визріванні всі складові частини сирної маси піддаються глибоким змінам, внаслідок яких формуються специфічний смак, аромат сиру, його консистенція і рисунок. Важливою особливістю твердих сичужних сирів, виготовлених за традиційною технологією, є придатність їх до тривалого зберігання. Скорочення термінів визрівання зазвичай досягається збільшенням кількості бактеріальної закваски. Найбільш вдалим слід вважати зразки сирів виготовлених з закваскою, до складу якої входило 1,5% комплексу мезофільних лактобактерій і 0,3% термофільних лактобацил *Lb. acidophilus*, використання яких забезпечує формування, за висновками дегустаторів, значно вищих органолептичних показників сичужних сирів. Більшість вітчизняних виробників надавали перевагу виробничим закваскам, які відповідно готували у себе на підприємстві. Це було важким та затяжним процесом, який значно збільшував терміни виробництва сирів. Тому з впровадженням інноваційних технологій більшість підприємств працює на бактеріальних заквасках нового типу [1, 16].

Важливо підкреслити, що закваски прямого внесення не тільки пришвидшують процес виробництва, а й надають можливість кращого регулювання технологічних параметрів їх виробництва [2, 15].

Ще однією сучасною тенденцією виробництва твердих сичужних сирів із низькою температурою другого нагрівання являється додавання солей-плавителів, але не у великій кількості, близько 2-3% до всієї маси сировини. Завдяки цим солям досягається швидший та кращий молокозсідальний процес, утворення щільного згустку, а також відбувається пришвидшення процесу обробки сирного зерна і, що не мало важливо, збільшення виходу твердого сиру близько 3%. Набирає популярності виробництво твердого сиру із збагаченим складом завдяки підвищенню вмісту жирних кислот, близько 30 різних жирних кислот, в тому числі дефіцитної арахідонової, а також значної кількості фосфоліпідів і жиророзчинних вітамінів А і D.

Формулювання мети і задач. Значний розвиток молочної промисловості потребує нових вдосконалень та інноваційних технологій, які здатні спростити процес готового продукту, тому вдосконалення технологічної схеми шляхом використання поєднання штамів мікроорганізмів є одним із інноваційних рішень.

Вдале поєднання лактококів та пропіоновокислих бактерій в складі БЗ бактеріальна закваска надає можливість краще дослідити різних змін процесу протеолізу сиру, масової частки води та солі, граничної активної кислотності як сиру з-під пресу, так і зрілого [4, 17].

Предмет дослідження молоко-сировина, яка використовувалась при виробництві сиру твердого, бактеріальні закваски, нормалізовані суміші, сир твердий не зрілий та сир після визрівання.

Метою даної роботи є наукове удосконалення виробництва сиру твердого із низькою температурою другого нагрівання, шляхом використання унікального поєднання штамів молочнокислих бактерій.

Результати досліджень та їх обговорення. Виробництво твердих сичужних сирів є важким технологічним процесом, який містить низку фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних перетворень. Проте важливо брати до уваги те, що під час всіх технологічних етапів відбувається руйнування первинної структури сировини.

Основними факторами, які визначають видові особливості виробництва твердого сиру сичужного із низькою температурою другого нагрівання:

- використання бактеріальних заквасок, які складаються в основному із мезофільних молочнокислих лактококів;
- температура другого нагрівання сирного зерна повинна бути на рівні 32-42⁰С (в залежності від виду сиру і здатності сирного зерна до зневоднення);
- певний рівень активної кислотності сирної маси на кожному етапі виробництва (рН): після пресування – 5,3-5,9, у зрілому сирі – 5,2-5,4;
- помірний вміст у сирах кухонної солі – 1,5-2,5%;
- використання декількох температурно-вологісних режимів в процесі визрівання – 10-12 ⁰С (85...87%), 14-16⁰С (86...90%) [5, 6].

Останніми роками у зв'язку зі скороченням сировинної бази у молочній промисловості і глобальними проблемами, пов'язаними із забрудненням навколишнього середовища, напруженим ритмом життя і праці населення країни, виробництво сирів як високопоживних продуктів тривалого строку зберігання стає особливо гостро. [12].

На даний час існують нетрадиційні методи обробки молока до яких належать:

- оброблення в полі мікрохвильового випромінювання,
- оброблення інфрачервоним випромінюванням, оброблення іонізуючим випромінюванням.

Оброблення молока-сировини в полі мікрохвильового випромінювання, здатне очистити від бактеріального забруднення шляхом застосування хвиль від 915 до 2450 МГц. Такі мікрохвилі не здатні руйнувати хімічні зв'язки та погіршувати властивості молока. Оброблення молока інфрачервоним випромінюванням полягає у безконтактній передачі енергії від джерела до оброблюваного продукту. За таким методом обробки харчова цінність молока, яка обумовлена вмістом кальцію та фосфору, а також станом білкових сполук не змінюється.

З усіх вітамінів, які є у складі молока найбільш чутливим до нагрівання є вітамін С. За температури інфрачервоного підігріву до 70⁰С його кількість не зменшується як і при інших процесах нагрівання, а в діапазоні температур 70-92⁰С знижується менше в порівнянні з традиційним методом пастеризації [7, 8]. Процес пастеризації передбачає нагрівання продукту до 72⁰С з певною тривалістю.

Основні переваги оброблення молока шляхом використання інфрачервоного нагрівання (ІЧ – променів) висвітлено на рисунку 1.



Рис. 1. Переваги застосування ГЧ-променів

Іонізуюче випромінювання користується великим попитом у багатьох країнах, метод ефективний проти таких бактерій, як лістерія та сальмонела.

Такий метод застосовує до 10 кГр і є безпечним та не складає мікробіологічних проблем. Цей спосіб є менш енергоємним у порівнянні із термічною обробкою, проте є недосконало вивченим та не користується попитом на Україні.

Для отримання якісного продукту, сировина для його виробництва має відповідати всім вимогам, а саме ДСТУ 3662:2018 “Молоко-сировина коров’яче”. Технічні умови. Даний стандарт поширюється на молоко-сировину, яку виробники закуповують для подальшого перетворення сировина – продукт [9].

Молоко – це секрет молочних залоз, який виробляється під час лактації у ссавців жіночої статі. У своєму складі містить багато корисних організму речовин таких, як білки, жири, вуглеводи, мікроелементи, вітаміни, ферменти та молочний цукор. Порівняння складу молока ВРХ та ДРХ представлений в таблиці 1.

Результати наведені в таблиці 1. свідчать, що склад молока не суттєво відрізняється, проте це деякою мірою впливає на його кількість. Тому і найбільш популярними є тверді сири виробництва із коров’ячого молока.

У коров’ячому молоці міститься велика кількість води близько 85...89%, яка відіграє важливу роль у біохімічних перетвореннях при виробництві сирів.

Менша частина води близько 3,0...3,5% перебуває у зв’язаному стані та знаходиться біля поверхні колоїдних часток (поліцукрів, білків та фосфоліпідів).

А найбільша ж її частина 83-84% знаходиться у вільному стані і приймає участь у різних хімічних перетвореннях. Воду у вільному стані легко можна вивести за допомогою сушіння чи згущення. Одним із основних складових молока є молочний жир, який міститься в кількості 3,0-5,1%. Молочний жир за хімічним складом являє собою групу ди-, три- і моногліцеридів.

Цікаво є те, що молочний жир у молоці знаходиться у вигляді кульок, які оточені ліпідно-білковою оболонку, а розмір даних жирових кульок коливається від 0,5 мкм до 10 мкм.

Таблиця 1

Порівняння складу молока ВРХ і ДРХ

Вид молока	Білки		Вода	Жири	Лактоза	Мінеральні речовини
	Альбумін та глобулін	Казеїн				
Коров'яче	0,5-0,9	2,4-3,2	85-89	3,0-5,1	4,5-5,0	0,6-0,8
Овече	1,0-1,7	4,2-5,0	82-84	5,0-8,5	4,1-4,7	0,7-1,1
Козине	0,5-0,9	2,2-3,0	85-88	4,0-5,3	4,1-5,3	0,7-0,9

Молочний жир є не досить стійким до впливу коливань температур. Тобто він може перебувати в розплавленому стані та кристалічному. Температура його плавлення близько 27...34°C, а затвердіння 18...23°C.

Окрім температурного впливу є не стійким до водяної пари, кисню повітря, світлових променів, під довготривалим їх впливом жир окислюється та прогіркає [18, 19].

Основу молочного жиру складають поліненасичені жирні кислоти у кількості до 2%. А також у складі є трансізмери жирних кислот (1,42...5,22%), низькомолекулярні леткі жирні кислоти (каприлова, масляна), ненасичені жирні кислоти (стеаринова, міристинова, пальмітинова, олеїнова та лінолева).

Основні жирні кислоти, які входять до складу молочного жиру представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Основні жирні кислоти молочного живу молока

Жирні кислоти	Назва	Масова частка в молочному жирі, %	Хімічна формула
Насичені	Арахісова	0,4-1,2	$C_{19}H_{39}COOH$
	Пальмітинова	25,0-35,0	$C_{15}H_{31}COOH$
	Масляна	2,5-5,0	C_3H_7COOH
	Лауринова	2,05,0	$C_{11}H_{23}COOH$
	Миристинова	7,0-11,0	$C_{13}H_{27}COOH$
Ненасичені	Олеїнова	25,0-45,0	$C_{17}H_{33}COOH$
	Арахідонова	0,3-1,7	$C_{19}H_{31}COOH$
	Лінолева	2,0-3,0	$C_{17}H_{31}COOH$
	Миристолеїнова	1,83-1,94	$C_{13}H_{25}COOH$

Вміст жирних кислот у складі молока змінюється залежно від пори року. Так, влітку вміст ненасичених жирних кислот збільшується, а насичених зменшується, взимку відповідно навпаки.

Найважливішою складовою частиною молока є білки, становлять близько 3,2%. Їхньою основою являються амінокислоти, які зв'язані між собою пептидними зв'язками і містяться у кількості 20 амінокислот, з них 8 незамінних.

У складі молока є три групи білків: сироваткові білки-20%, казеїн – 80%, білки оболонки жирових кульок – 1%. Найважливішою із них є казеїн. Від його вмісту залежить якість та вихід готового продукту у кінцевому результаті. Казеїн – основний білок молока, особливо за технологічним значенням. Вміст його коливається від 2,3 до 2,9%. В молоці він присутній як сіль кальцію і його згортання відбувається під дією протеолітичних сичужних ферментів, які виробляються молочними бактеріями під час технологічних процесів. [20, 21].

За своєю структурою відноситься до фосфопротейнів, та виконує запасуючу функцію. Складається з трьох фракцій, а саме: α -, β -, γ -казеїн, кожна з фракцій має свій різновид. Дані фракції відрізняються амінокислотним складом. Загальний склад казеїну представлений в таблиці 3.

Таблиця 3

Елементарний склад казеїну

Компоненти	Масова частка у казеїні, %
Вуглець	53,1
Сірка	0,8
Водень	7,1
Кисень	22,8
Фосфор	0,8
Азот	15,4

Білкові оболонки у складі молока складаються з суміші білків та фосфоліпідів, які називаються ліпопротеїдами. Вони в свою чергу визначають стабільність жирової фази молока.

У своєму складі містять 0,3-0,4% фосфору, 12- 12,5% азоту, 1,5-2,5% сірки. Цікавим є те, що при підкисленні середовища рН до 3,9-4 або ж додаванні розчину хлориду кальцію і нагріванні суміші до 100°C білок оболонок повністю осаджується.

Щодо сироваткових білків, то це білки сироватки, яку отримують під час виробництва як твердого, так і м'яких сирів. До сироватки потрапляють компоненти молекул казеїну, які утворюються під час згортання білків, проте у незначній кількості, адже відбувається процес денатурації під час технологічних операцій.

Дані білки є легкорозчинними та мають декілька класів:

- β -лактоглобулін,
- α -лактоальбумін,
- імуноглобуліни,
- змішані білки та поліпептиди.

Сироваткові білки значно більше впливають на процес денатурації та утворення органолептичних показників у порівнянні із казеїном. Це спричинено тим, що вони містять значну кількість незамінних амінокислот, а за рахунок цього у складі більше сірки, яка утворює сульфгідрильні групи. За своїм складом являються найбільш цінною біологічною частиною білків молока, складаються із лізину, треоніну, метіоніну, які мають велике практичне значення [20].

Сироробна галузь України велику увагу приділяє правильному підбору сировини для виробництва сирів, тому вона проходить численні дослідження, аби можна було впевнитись у її якості. Адже складові молока значно впливають на його якість, а в кінцевому результаті і на якість продукції, але важливими є не тільки складові компоненти, а й властивості молока.

Так, однією з найважливіших властивостей молока у виробництві твердих сирів являється його сиропридатність та тривалість сичужного згортання. Сиропридатність або бродильна проба – це процес який супроводжується можливістю певних мікроорганізмів у складі молока утворювати згусток. Основні вимоги до показників сиропридатного молока висвітлені у таблиці 4.

Такий процес як тривалість сичужного згортання білків молока є також важливим. Від нього залежить швидкість виділення сироватки та утворення міцного згустку, а також проходження процесу виробництва сиру в цілому і якість готового продукту. Даний процес є досить чутливим до різких змін, тому існує ряд факторів, які можуть як і поліпшити цей процес, так і погіршити, зображено на рисунку 4. Від температури згортання молока залежить час на денатурацію білків та утворення згустку. З підвищенням температури вище 20°C тривалість згортання пришвидшується, але для збереження всіх корисних мікроорганізмів оптимальною є температура 29-35°C. За такої температури забезпечується утворення міцного згустку за доволі короткий термін.

Температуру підбирають з урахувань особливостей сиру твердого, а також властивостей підібраного молока.

Таблиця 4

Показники сиропридатності молока

Показник	Вимоги
Сорт	Не нижче I
Клас по сичужно-бродильній пробі	Не нижче II
Кількість спор лактатзброджувальних маслянокислих мікроорганізмів	Не більше 13 спор в 1 см ³
Кількість соматичних клітин	500 тис. в 1 см ³
Клас по редуказній пробі	II

Від активності бактеріальної закваски залежить кислотність молока, величина якої впливає на швидкість дії сичужного ферменту. Важливо і необхідно при підборі бактеріальної закваски враховувати вміст кислотоутворюючих бактерій у її складі [13, 14].

Активність сичужного ферменту залежить від співвідношення у його складі хімозину та пепсину. За своїм складом хімозин більш активніший порівняно із пепсином, тому звичайне співвідношення цих компонентів у складі ферменту становить: пепсин 30-40% та хімозину 60-70%.

Безумовно активність сичужного ферменту залежить не тільки від складу, але й від кислотності молока і температури згортання молока.

Щодо кислотності молока, то відомо, що свіже пастеризоване молоко погано згортається сичужним ферментом і в результаті отримуємо неміцний згусток, а в результаті малий вихід готового продукту неналежної якості. Тому для виробництва твердого сиру сичужного використовують молоко кислотністю 18-20°Т, за такої кислотності молоко добре сквашується і отримується міцний сирний згусток [6, 7].

Режим пастеризації не менш важливий процес у виробництві твердих сирів. Відомо, що під дією високої температури порушуються фізико-хімічні властивості молока, тобто відбувається частковий процес денатурації порушення сольової рівноваги, в результаті чого частина солей кальцію переходить у нерозчинний стан. Такі зміни не є досить бажані, внаслідок цього не вдається отримати великий вихід продукту, тому після пастеризації додають у молочну нормалізовану суміш хлорид кальцію. Основна його властивість розчепити солі кальцію, які перешкоджають кращому виділенню сироватки та утворення згустку.

Не менш важливими є і густина, активна кислотність, антибактеріальні та органолептичні властивості молока. Основні показники та вимоги молока для виробництва твердого сиру наведені в таблиці 5.

Також при підборі молока потрібно враховувати показники безпечності і специфічні властивості молока та не містити мікробіологічних забруднень та будь-яких хімічних. Так за ДСТУ 3662:2018 [22] у складі молока мають бути відсутні інгібувальні речовини, тобто сода, миючі засоби, формалін, сода, перекис водню, аміак, антибіотики, немолочного походження жири.

Виробництво твердих сирів неможливе без використання бактеріальних заквасок. Кожна бактеріальна закваска різниться між собою як за кількісним та якісним складом мікрофлори, її формою фасування, активністю мікроорганізмів, призначенням та способом використання [11, 16].

Заквашувальна мікрофлора у складі БЗ відіграє важливу роль:

- провокує протеолітичні ферменти, які розщеплюються і за рахунок цього накопичуються вільні амінокислоти та низькомолекулярні пептиди, які впливають, в першу чергу, на біологічну цінність та засвоюваність продукту;
- спричиняє молочнокисле бродіння, яке формує текстуру, аромат та смак готового

продукту.

Таблиця 5

Основні показники та вимоги молока для виробництва твердого сиру

Показник якості	Вимоги до основної сировини згідно з ДСТУ 3662:2018
Ступінь чистоти за еталоном	Не нижче першої групи
Густина, кг/м ³	Не менше як 1027
Титрована кислотність, °Т	Не менш як 16 °Т, і не більше 18 °Т
Кількість соматичних клітин в 1 см ³	Не більше ніж 500 тис.
Масова частка білка, %	3,22
Масова частка жиру, %	3,0...4,0
Редуктазна проба, клас	I і II
Кількість спор мезофільних анаеробних лактозброджуючих маслянокислих бактерій в 1 см ³	Не більше ніж одна спора
Активна кислотність, рН	6,6-6,8
Згортання молока, тип	I, II, III
Інгібітори росту заквашувальної мікрофлори	Не допускаються

У виробництві сирів застосовують дві групи мікроорганізмів: термофільні (до 45°C) та мезофільні (до 40°C).

До складу мезофільних груп мікроорганізмів зазвичай входять лактобактерії видів *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris* (активні кислотоутворювачі) і *Lactococcus lactis ssp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. mesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris*, *Leuconostoc lactis* (ароматизуювальні бактерії). А також мезофільні лактобацили *Lactobacillus casei* та *Lactobacillus plantarum*, вони здатні розщеплювати гіркі пептиди [11].

Роль аромоутворюючих бактерій полягає в наданні продукту смакових властивостей та рисунку сиру, а кислотоутворюючих – інтенсивне зброджування та накопичення молочної кислоти.

На великих підприємствах здебільшого використовують закваски прямого внесення. Вони можуть бути сухі, рідкі або заморожені. Якщо порівнювати їх між собою, то найбільш ефективними та доцільними у використанні є сухі, адже мають довший термін зберігання за температури -18°C до 12 місяців, тоді ж як рідкі за температури -18°C до 45 діб. [14,15].

Кожну закваску для певного виду продукту підбирають індивідуально та з урахуванням заданого технологічного ефекту. Але найбільше попиту мають закваски із кількома штамами мікроорганізмів, де кожен штам відіграє свою роль у формуванні органолептичних властивостей готового сиру.

Найбільш популярні серед сироварів України такі закваски: «Danisco», «Visby», «Genesis Laboratories». На підприємства кальцій хлорид постачається партіями у щільних паперових мішках із поліетиленовим шаром, являє собою гранули білого кольору, які добре розчинні у воді. Завдяки додаванню хлориду кальцію формується кращий згусток. Його вміст значною мірою впливає на процес згортання молока і процес синерезису, а в кінцевому результаті на якість готового продукту.



Рис. 2. Переваги бактеріальної закваски

Синерезис – важливий етап при виробництві твердих сирів, при його проходженні відбувається ущільнення структури і мимовільне виділення сироватки, зображено на рисунку 2.

У складі молока під час пастеризації значна частина солей кальцію переходить у нерозчинний стан, що перешкоджає утворенню сирного згустку, він стає неміцним, дряблим. Тому хлорид кальцію додається для розчеплення цих солей і прискорює сичужне згортання, а також сприяє зменшенню витрат жиру та казеїну, за рахунок чого збільшується вихід сиру.

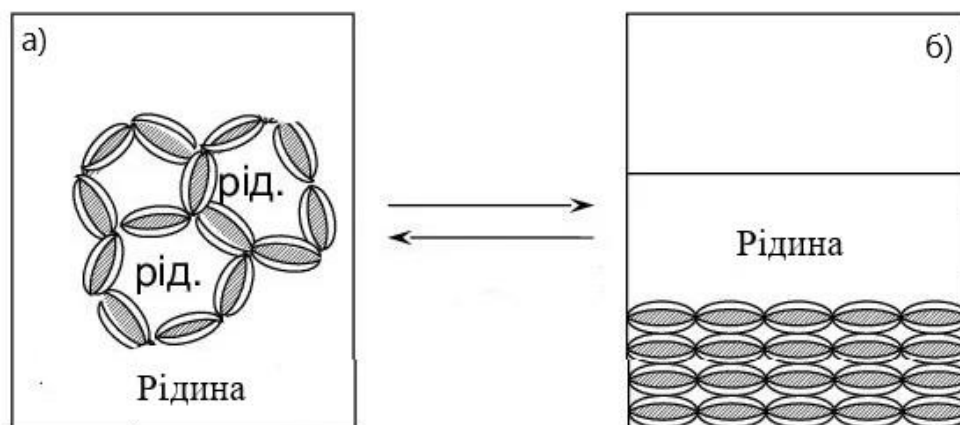


Рис. 3. Процес синерезису:

а) – структурна система; б) – ущільнена дисперсна система

Однак процес сичужного згортання є досить складним процесом, тому і надлишок хлориду кальцію негативно впливає, здійснює зворотну дію. Саме тому у нормалізовану суміш додають 40% розчин із розрахунку 10...40 г на 100 кг молока. Готують розчин на воді температурою 80-90°C не менше ніж за добу до використання. Застосування сухої солі кальцію або не відстояного свіжого розчину не рекомендується і вважається недоцільним.

Деякі підприємці використовують калійну селітру для того аби зупинити розвиток шкідливої мікрофлори, а саме маслянокислих бактерій та групи кишкових паличок. Використовують близько 10-30 г на 100 кг молока, більші дози можуть зашкодити процесу сквашування та визрівання, а також зіпсувати смак та колір готового продукту. Проте, якщо підприємство має бактофугу, то цілком можна відмовитись від додавання калійної селітри, адже завдяки їй можна зупинити небажаний розвиток бактерій.

Для отримання приємних за кольором готових продуктів використовують природні та синтетичні барвники.

Випускаються вони у вигляді кристалічних порошків, рідин та паст. Маючи різну товарну форму можуть мати різні технологічні властивості, тобто, менш стійкі до зміни рН чи зміни температури.

Барвники досить розповсюджені у виробництві, тому вони мають і відповідати вимогам:

- бути безпечними;
- відсутність сторонніх запахів та присмаків;
- стійкість до зміни рН та нагрівання;
- добра розчинність.

Колір сиру зумовлюється також жовто-зеленим кольором сироватки і жовто-помаранчевим пігментом, до складу яких входить рибофлавін. Але під час технологічних процесів, визрівання, а також залежно від пори року, внаслідок зміни годівлі тварин забарвленість сиру може змінюватись. Тому для підсилення та покращання кольору використовують аннато та β -каротин.

Натуральний барвник аннато виготовляють з насіння тропічного куща *Bixa orellana*, він являється каротиноїдним барвником. Барвники на основі аннато досить стійкі до окислення, мають високу термостійкість і надають жовтувато-помаранчевий колір, але недоліком все ж являється нестійкість до низьких значень рН, тому розроблені спеціальні форми кислотності барвника.

Всі складові частини для виготовлення твердого сиру, як бачимо, є досить важливими для отримання якісного готового продукту в кінцевому результаті, тому важливо контролювати їх якість та звертати увагу на переваги у використанні.

Бактеріальна закваска – штами і види молочнокислих бактерій, які використовують у виробництві сирів та кисломолочних продуктах. Кожна закваска є індивідуальною за своїм складом, то ж важливо її правильно підібрати. Важливо аби закваска для сиру могла розщеплювати білок, на відміну від заквасок для виробництва масла вершкового, там така здатність навпаки зашкоджуватиме процесу [11, 14, 15]. Склад закваски для твердих сирів із низькою температурою другого нагрівання представлений у таблиці 6.

Таблиця 6

Склад закваски для сирів із низькою температурою другого нагрівання

Вид сиру	Мікрофлора	Склад закваски
Тверді сири із низькою температурою другого нагрівання	Мезофільні молочнокислі бактерії, пропіоновокислі бактерії	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus cremoris</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Propionibacterium shermanii</i> .

Пропіоновокислі бактерії утворюють оцтову і пропіоновокислу кислоту, які сприяють покращанню смакових властивостей сиру. А також завдяки цим бактеріям відбувається утворення діоксиду водню за рахунок якого відбувається утворення вічок у сирі.

Молочнокислі бактерії також досить важливі для виробництва сиру, вони утворюють молочну кислоту, яка сприяє повільному розщепленню білків та незначному розщепленню жирів, завдяки цьому надається більш виражений смак та краща онсистенція готового продукту.

Підбір бактеріальної закваски складається із декількох етапів і містить такі пункти відповідності вимогам:

- мікробіологічна чистота;
- вологоутримуюча здатність (вологовіддача);
- межа кислоутворення (титрована кислотність);
- активність закваски (тривалість сквашування).

Раніше здавалось можна було пропастеризувати молоко, заквасити природнім шляхом, відварити та отримати продукт необхідної якості, проте, як виявилось це не так і цей процес не з легких. Практика показує, що під час виробництва твердих сирів виникає багато ускладнень, які напряду пов'язані з мікробіологічними процесами в результаті яких виникають вади продукції. Тому використовують закваску для певного виду сиру різну і завдяки чому вона збагачує готовий продукт необхідною консистенцією, смаком і запахом.

Висновок. Виробництво твердих сирів є досить клопітким та довгим процесом, який не обходиться тільки вмістом молочної сировини. Тому, складовий компонент рецепту є важливим і значною мірою впливає на якість харчового продукту, як під час його виробництва, так і в кінцевому результаті при зберіганні та дозріванні.

Бібліографія

1. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности. АПК-продукты здорового питания. № 4. 2016. С. 52-57.
2. Влощинский П. Е., Позняковский В. М., Дроздова Т. М. Физиология питания. Новосибирск, 2010. 352 с.
3. Кочеткова А. А. Актуальные аспекты технического регулирования в области продуктов здорового питания. Переработка молока. 2013. №10. С. 6-8.
4. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. Substantiation of the technology for fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 1/11 (97). P.6-16.
5. Соломон А. М., Бондар М. М. Fermented desserts of functional purpose using vegetables. Збірник наукових праць «Аграрна наука та харчові технології». 2018. № 3 (102). С. 168-179.
6. Ножечка Г. М. Вимоги до якості молока в сировиробництві та рекомендації щодо поліпшення його сиропридатності. Молочна промисловість. 2006. № 8 (33). С. 46-49.
7. Соломон А. М., Полевое Ю. А. Вплив показників якості молока на продукти харчування. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 4 (107). С. 33-39.
8. Єресько Г. О. Залежність виходу твердих сичужних сирів від якості молочної сировини. Молочна промисловість. 2005. № 10 (25). С.30-31.
9. Шульга Н. М. Бактеріальна чистота сировини як фактор якості сичужних сирів. Молочное дело. 2009. № 12. С. 29-32.
10. Дідух Н. А. Високоєфективні режими теплової обробки у виробництві твердих сичужних сирів функціонального призначення. Молочна промисловість. 2008. № 6. С. 37-39.
11. Семко Т. В. Starter cultures in raw milk manufaktursng industru. Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». 2017. С 81-84.
12. Соломон А. М. Дослідження синбіотичних кисломолочних продуктів. Norwegian Journal of development of the International Science. 2020. № 43. Vol. 3. P. 3-9.
13. Соломон А. М., Бондар М. М. Заквашувальні культури у молочній промисловості. Аграрна наука та харчові технології. 2017. № 5 С. 99.
14. Власенко В. В., Семко Т. В., Соломон А. М., Бондар М. М. Закваски и их виды в сыроделии. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2019. Том 18. № 2(68). С. 157-160.
15. Соломон А. М., Бондар М. М. Закваски і їх види у сировиробництві. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 2 (68). С. 157-160.

16. Соломон А. М. Обґрунтування напрямів розвитку функціональних молочних продуктів. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка енергетика транспорт АПК». Вінниця, 2017. №2 (97). С. 85-89.
17. Шурчкова Ю. П. Фракційний склад білків та термостійкість молока в залежності від різних способів обробки. Молочна промисловість. 2008. №2. С. 57-59.
18. Єресько Г. О. Вплив високотемпературної обробки на сиропридатність молока. Вісник аграрної науки. 2008. № 1. С.58-59.
19. Дроник Г. В. Особливості дозрівання твердих сирів при використанні мікроелементів. Сільський господар. 2003. № 9-10. С. 6-8.
20. Михайлицька О. Р. Особливості виробництва сирів голландської групи із використанням мікроелементів. Наук. вісник ЛНАВМ ім. С. З. Гжицького. 2005. Том 7 (№ 2). С. 214-219.
21. ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови». Вид. офіц. Київ, 2019. 16 с.

References

1. Gerasimenko, N., Poznyakovsky, V., Chelnakova, N. (2016). Zdorovoe pytanye y eho rolv obespechenyy kachestva zhyzny. [Healthy eating and its role in ensuring quality of life]. Food and processing industry technologies. APK products of healthy food. [Tekhnolohyy pyshchevoiy pererabatu vaiushchei promushlennosti. APK-produktu zdorovoho pytanyia]. № 4. P. 52-57. [in Russian].
2. Vloshchinsky, P., Poznyakovsky, V., Drozdova, T. (2010). Fyzyolohiya pytanyia. [Physiology of nutrition]. Novosibirsk. 352 p. [in Russian].
3. Kochetkova, A. (2013). Aktualnye aspekty tekhnicheskogo rehulyrovaniya v oblasti produktov zdorovoho pytanyia. [Current aspects of technical regulation in the field of healthy food]. Pererabotka moloka. [Milk processing]. № 10. P. 6-8. [in Russian].
4. Solomon, A., Bondar, M., Dyakonova, A. (2019). Obgruntuvannya tekhnolohiyi pryhotuvannya kyslomolochnykh desertiv iz bifidohennymy vlastyvostyamy. [Substantiation of the technology for fermented sourmilk desserts with bifidogenic properties]. [in Ukrainian].
5. Solomon, A., Bondar, N. (2018). Fermented desserts of functional purpose using vegetables. [Fermented desserts of functional purpose using vegetables]. Zbirnyk naukovykh prats «Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi» [Collection of scientific papers «Agricultural science and food technologies»]. № 3 (102). P. 168-179. [in Ukrainian].
6. Nozhechkin, G. (2006). Vymohy do yakosti moloka v syrovyyrobnyts'tvi ta rekomendatsii shchodo polipshennia yoho syroprydatnosti. [Requirements for the quality of milk in cheese production and recommendations for improving cheese suitability]. Dairy industry. No. 8(33). pp. 46-49. [in Ukrainian].
7. Solomon, A., Polevod, Y. (2019). Vplyv pokaznykiv yakosti moloka na produkty kharchuvannya. [The impact of milk quality indicators on food products]. Technique, energy, transport of the agro-industrial complex. № 4 (107). pp. 33-39. [in Ukrainian]. Yeresko G. (2005). Zalezhnist vykhodu tverdych sychuzhnykh syriv vid yakosti molochnoi syrovyny. [Dependence of the yield of hard rennet cheeses on the properties of raw milk]. Dairy industry. No. 10(25). P.30-31. [in Ukrainian].
8. Shulga, N. (2009). Bakterialna chystota syrovyny yak faktor yakosti sychuzhnykh syriv. [Bacterial purity of raw materials as a factor in the quality of rennet cheeses]. Dairy business. № 12. pp. 29-32. [in Ukrainian].
9. Didukh, N. (2008). Vysokoefektyvni rezhymy teplovoi obrobky u vyrobnyts'tvi tverdych sychuzhnykh syriv funktsionalnoho pryznachennia. [Highly efficient heat treatment modes in the production of hard rennet cheeses for functional purposes]. Dairy industry. №. 6. pp. 37-39. [in Ukrainian].

10. Semko, T. (2017). Starter cultures in raw milk manufaktursng industru. All-Ukrainian scientific-technical journal "Technology, energy, transport of the agro-industrial complex" Vinnitsa. From 81-84. [in Ukrainian].
11. Solomon, A., Bondar, M. (2019). Zabezpechennia syrovynoiu molokopererobni pidpriemstva Vinnytskoi oblasti. [Provision of raw materials for milk processing enterprises of the Vinnitsa region]. Agricultural science and food technology. Issue. 5 (108). T. 2. P. 115-125. [in Ukrainian].
12. Solomon, A. (2020). Doslidzhennia synbiotychnykh kyslomolochnykh produktiv. [Study of synbiotic fermented milk products]. [Norwegian Journal of Development of the International Science]. 2020. №. 43. Vol. 3. R. 3-9. [in Ukrainian].
13. Solomon, A., Bondar, M. (2017). Zakvashuvalni kultury u molochonii promyslovosti. [Starter cultures in the dairy industry]. [Agricultural science and food technology]. Issue. 5 p. 99. [in Ukrainian].
14. Vlasenko, V., Semko, T., Solomon, A., Bondar N. (2019). Zakvaski i ikh vidy v syrodelii. [Starter cultures and their types in cheese making]. Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzhitsky. Volume 18. № 2(68). pp. 157-160 [in Russian].
15. Solomon, A., Bondar, M. (2016). Zakvasky i yikh vydy u syrovyrobnystvi. [Starter cultures and their types in cheese production]. [Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. S.Z. Gzhitsky]. Vol. 18. № 2(68). pp.157-160. [in Ukrainian].
16. Solomon, A. (2017). Obgruntuvannia napriamiv rozvytku funktsionalnykh molochnykh produktiv. [Substantiation of directions for the development of functional dairy products]. All-Ukrainian scientific and technical journal "Technique energy transport agro-industrial complex". Vinnitsa Issue. № 2 (97). pp. 85-89. [in Ukrainian].
17. Shurchkova, Yu. (2008). Fraktsiyni sklad bilkiv ta termostiikist moloka v zalezhnosti vid riznykh sposobiv obrobky. [Fractional composition of proteins and heat resistance of milk depending on different processing methods]. Dairy industry. № 2. pp. 57-59. [in Ukrainian].
18. Yeresko, G. (2008). Vplyv vysokotemperaturnoi obrobky na syropriydatnist moloka. [Influence of high-temperature processing on cheese suitability of milk]. Bulletin of agrarian science. № 1. pp.58-59 [in Ukrainian].
19. Dronik, G. (2003). Osoblyvosti dozrivannia tverdykh syriv pry vykorystanni mikroelementiv. [Peculiarities of maturation of cheeses when using microelements]. Rural owner. № 9-10. pp. 6-8 [in Ukrainian].
20. Mikhailitskaya, O. (2005). Osoblyvosti vyrobnytstva syriv hollandskoi hrupy iz vykorystanniam mikroelementiv. [Features of the production of cheeses of the Dutch group using trace elements]. Sciences. Bulletin of LNAVМ them. S. Z. Gzhitsky. Volume 7 (№ 2). pp. 214-219. [in Ukrainian].
21. DSTU 3662:2018. (2019). «Moloko-syrovyna koroviyache. Tekhnichni umovy». [Raw cow's milk. Specifications"]. Ed. official Kyiv, 16 p. [in Ukrainian].