ЛЬВІВСЬКИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра харчових технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

“УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СИРУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ”

Виконала здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми “Харчові технології” спеціальності 181 “Харчові технології”

_____ Дільна Олена Сергіївна____

(підпис) (прізвище, ім’я, по батькові)

_____ Науковий керівник Бужанська М. В.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Львів – 2026

ЛЬВІВСЬКИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет товарознавства, управління та сфери обслуговування
Кафедра харчових технологій
Рівень вищої освіти другиий
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 181 "Харчові технології"
Освітньо-професійна програма "Харчові технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри_____

_____

"____" _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
ДІЛЬНОЇ Олени Сергіївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *"Удосконалення технології сиру з використанням концентрату сироваткових білків"*
керівник роботи *Бужанська М. В., доцент, кандидат хімічних наук*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____

Термін подання здобувачем роботи _____

2. Вихідні дані до роботи *матеріали публікацій за останні 5 років, рецептурний збірник, періодичні видання, підручники, навчальні посібники та інші.*

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *розробка технології сиру з використанням концентрату сироваткових білків та дослідження їхнього впливу на функціонально-технологічні властивості готової продукції; реологічні характеристики, рецептурні варіанти; порівняльний аналіз якості зразків залежно від типу та кількості концентрату сироваткових білків, кислотності, органолептичних показників отриманого продукту, вихід готової продукції, енергетична цінність, блок-схему виробничого процесу, розрахунки економічного обґрунтування впровадження нової технології, розрахунки собівартості, рентабельності удосконаленого продукту.*

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *схема технологічного процесу виробництва харчового продукту, графіки та діаграми зміни якості, кислотності, гідрофільності.*

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Аналітичний огляд літератури та патентний пошук інформації відповідно до теми кваліфікаційної роботи*	15.12.2024р.	Виконано
2.	*Написання Розділу 1. Огляд літератури щодо технологій сиру*	19.01.2025 р.	Виконано
3.	*Складання схеми досліджень*	23.02.2025 р.	Виконано
4.	*Опрацювання методики досліджень*	15.03.2025 р.	Виконано
5.	*Виконання експериментальних досліджень (Частина І)*	10.04.2025 р.	Виконано
6.	*Виконання експериментальних досліджень (Частина ІІ)*	24.05.2025 р.	Виконано
7.	*Опис результатів експерименту*	01.09.2025 р.	Виконано
8.	*Виконання розрахунків та графічної частини*	01.10.2025 р.	Виконано
9.	*Формулювання висновків до роботи*	01.12.2025 р.	Виконано
10.	*Перевірка роботи на плагіат*	29.01.2026 р.	Виконано
11.	*Подання роботи на кафедру*	03.02.2026 р.	Виконано
12.	*Захист роботи*	Згідно графіку	Виконано

Здобувач _____ Дільна О. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи_____ *доц. Бужанська М. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дільна О. С. Удосконалення технології сиру з використанням концентрату сироваткових білків. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою "Харчові технології" зі спеціальності 181 "Харчові технології". – Львівський торговельно-економічний університет. Львів. 2026.

У роботі розглянуто можливості удосконалення технології виробництва сиру шляхом використання концентрату сироваткових білків (КСБ). Встановлено, що додавання КСБ на етапі приготування сирного згустку дозволяє підвищити вихід готової продукції, поліпшити її текстурно-структурні характеристики та збагатити білковий склад. Досліджено оптимальні дозування КСБ для виготовлення сиру, проаналізовано вплив білкового концентрату на органолептичні показники. Використання КСБ у сироварінні сприяє раціональному використанню молочної сировини, зниженню втрат білка та підвищенню економічної ефективності виробництва.

За результатами отриманих даних у лабораторних умовах виготовлено новий продукт – сир кисломолочний "Апетитний". Розроблено і затверджено рецептуру та технологічну інструкцію на новий продукт з використанням концентрату сироваткових білків (КСБ). Результати досліджень за кваліфікаційною роботою впроваджені у практичну діяльність ФОП Дільна М.Я.

Матеріали досліджень викладено у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій:

1. Дільна О. С. (наук. керів. – Бужанська М.В.). Інноваційні технології виробництва сиру з використанням концентрату сироваткових білків / О.С. Дільна // Збірник тез доповідей учасників Двадцять першої науково-практичної конференції студентів закладів освіти споживчої кооперації України «Європейська інтеграція України та інновації в національній економіці: роль кооперації в умовах сучасних викликів» – К. : НМЦ «Укоопосвіта», 2025. – С. 150-153.

2. Дільна О. С. Застосування концентрату сироваткових білків у технології

сиру // Сучасні напрями розвитку економіки, підприємництва, технологій та їх правового забезпечення : Матеріали Міжнародної науково практичної конференції ЛТЕУ, 29 травня 2025 р. – Львів, ЛТЕУ, 2025. – С. 653-655.

Практична значимість отриманих результатів підтверджується довідкою про впровадження та нормативними документами.

Ключові слова: сир, концентрат сироваткових білків, технологія виробництва, білкова цінність, структура сиру, раціональне використання сировини, харчова цінність.

ANNOTATION

Dilna O. S. Improvement of Cheese Production Technology Using Whey Protein Concentrate. – Manuscript.

Qualification work for obtaining the second (master's) level of higher education in the educational-professional program "Food Technologies" in the specialty 181 "Food Technologies". – Lviv University of Trade and Economics. Lviv. 2026.

The study explores the possibilities of improving cheese production technology through the use of whey protein concentrate (WPC). It was established that the addition of WPC during the cheese curd preparation stage increases the yield of the final product, improves its textural and structural characteristics, and enriches its protein composition. Optimal WPC dosages were determined for various types of cheese, and the effect of the protein concentrate on organoleptic properties was analyzed. The use of WPC in cheese making contributes to the rational use of dairy raw materials, reduces protein loss, and enhances the economic efficiency of production.

Based on the obtained laboratory data, a new product was developed – the fermented milk cheese "Apetytniy." A recipe and technological instruction for the new product using whey protein concentrate (WPC) were developed and approved. The results of the qualification research were implemented in the practical activities of the private entrepreneur Dilna.

The research materials have been presented in the proceedings of international scientific and practical conferences:

1. Dilna O. S. (scientific supervisor – Buzhanska M. V.). Innovative Technologies of Cheese Production Using Whey Protein Concentrate / O. S. Dilna // Proceedings of the Twenty-First Scientific and Practical Conference of Students of Educational Institutions of Consumer Cooperation of Ukraine "European Integration of Ukraine and Innovations in the National Economy: The Role of Cooperation in the Context of Modern Challenges" – Kyiv: Educational and Methodological Center "Ukooposvita", 2025. – pp. 150–153.

2. Dilna O. S. Application of Whey Protein Concentrate in Cheese Technology // Modern Directions of Economic, Entrepreneurial, and Technological Development

and Their Legal Support: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of LTEU, May 29, 2025 – Lviv: LTEU, 2025. – pp. 653–655.

The practical significance of the obtained results is confirmed by an implementation certificate and regulatory documents.

Key words: cheese, whey protein concentrate, production technology, protein value, cheese structure, rational use of raw materials, nutritional value.

ЗМІСТ

	ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1.	**ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБРИЦТВА СИРУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ**	7
1.1.	Основні технологічні етапи виробництва сирів……..	7
1.2.	Функціональні властивості казеїнатів……..	16
1.3.	Модифіковані концентрати сироваткових білків як функціональні інгредієнти для збагачення харчових продуктів	26
РОЗДІЛ 2.	**ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**	33
2.1.	Об'єкти дослідження	33
2.2.	Методи дослідження	38
РОЗДІЛ 3.	**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА**	50
3.1.	Фізико-хімічні та органолептичні показники якості КСБ як передумова використання у харчових продуктах…….	50
3.2.	Обґрунтування сировини і розробка удосконаленої технологічної схеми виробництва сиру кисломолочного……	61
3.3.	Вплив сироваткового протеїну на характеристики сирного згустку в процесі виробництва сиру "Апетитний"……...	66
3.4.	Підвищення харчової та енергетичної цінності сиру "Апетитний" з використанням концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ-65)……..	81
РОЗДІЛ 4.	**ОЦІНКА СОЦІАЛЬНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СИРУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ (КСБ-УФ-65)**	86
	ВИСНОВКИ	83
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне харчове виробництво орієнтоване на підвищення якості продукції, ефективне використання сировини та зниження виробничих втрат. У молочній галузі особливого значення набуває вдосконалення технологій сироваріння з урахуванням новітніх наукових досягнень і ресурсозберігаючих підходів. Концентрат сироваткових білків (КСБ), як цінне джерело білка, дозволяє не лише підвищити поживну цінність сиру, але й оптимізувати процес виробництва, зменшивши втрати цінних компонентів сироватки. Упровадження КСБ у технологію сиру сприяє створенню нових продуктів із покращеними функціонально-технологічними та органолептичними властивостями. Саме тому дослідження ефективності використання КСБ у сироварінні є актуальним та має важливе практичне значення для розвитку харчової промисловості України.

Мета і завдання дослідження удосконалити технологію виробництва сиру шляхом впровадження концентрату сироваткових білків з метою підвищення харчової цінності, покращення якості готового продукту та зменшення втрат молочного білка.

Відповідно до мети були поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати науково-технічну літературу щодо використання концентрату сироваткових білків у сироварінні.
2. Дослідити вплив КСБ на фізико-хімічні та органолептичні показники сирів.
3. Визначити оптимальні дозування КСБ для забезпечення найкращих характеристик готового продукту.
4. Розробити рецептуру та технологічну інструкцію для виробництва нового виду сиру з використанням КСБ.
5. Провести апробацію нової технології в лабораторних умовах та оцінити її ефективність.
6. Запропонувати можливості впровадження результатів дослідження у

виробничу практику.

Об'єкт дослідження – процес виробництва сиру з використанням молочної сировини та концентрату сироваткових білків.

Предмет дослідження – вплив концентрату сироваткових білків на технологічні параметри, якість та харчову цінність сиру під час його виробництва.

Методи дослідження − органолептичні та класичні фізико-хімічні методи і методи математичної обробки експериментальних даних на основі комп'ютерних технологій.

Елементи наукової новизни.

1. Обґрунтовано доцільність використання концентрату сироваткових білків (КСБ) у рецептурі кисломолочного сиру для покращення його білкового складу та текстурних властивостей.
2. Встановлено оптимальні концентрації КСБ, які забезпечують найкращі органолептичні та фізико-хімічні характеристики продукту.
3. Розроблено та апробовано нову рецептуру сиру кисломолочного "Апетитний" із використанням КСБ.
4. Складено технологічну інструкцію виробництва нового продукту, адаптовану до умов малого молочного підприємництва.
5. Отримані результати впроваджено у практичну діяльність, що підтверджує ефективність і доцільність використання дослідженої технології.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблена рецептура та технологічна схема виробництва нового продукту можуть впроваджуватись у виробництво на підприємствах харчової промисловості, що зацікавлені у виробництві нових продуктів з підвищеною харчовою цінністю та покращеними технологічними властивостями.
2. Визначені оптимальні концентрації КСБ, які забезпечують найкращі органолептичні та фізико-хімічні характеристики продукту та надають виробникам науково обґрунтовані рекомендації щодо їх використання.

Структура кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел.

Робота викладена на 96 сторінках комп'ютерного тексту, вміщує 22 таблиці та 5 рисунків. Список використаних джерел включає 40 джерел.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБРИЦТВА СИРУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ

1.1. Основні технологічні етапи виробництва сирів

Процес сироваріння є складною багатоетапною технологією, яка ґрунтується на глибокій переробці молочної сировини. Він передбачає послідовне проведення низки технологічних операцій, спрямованих на трансформацію молочних компонентів. У результаті відбуваються складні колоїдно-хімічні процеси та біохімічні перетворення, які приводять до утворення нового продукту із вихідної сировини [1-3].

Основними методами концентрування молочних компонентів є два принципово різні підходи. Перший, традиційний спосіб, передбачає коагуляцію молочних білків під дією сичужних ферментів або інших молокозсідальних агентів з подальшим частковим відокремленням сироватки. Ця методика дозволяє сформувати характерну сирну масу з унікальними органолептичними властивостями [4].

Альтернативні методи виробництва включають використання сучасних технологій коагуляції та концентрування білків. Серед них особливе місце займає ультрафільтрація (UF), яка дозволяє отримувати продукт з властивостями, аналогічними традиційним сирам. Однак у вітчизняній промисловості ця технологія поки що не набула широкого поширення через високу вартість обладнання та необхідність адаптації до місцевих умов.

Класична технологія виробництва твердих та напівтвердих сирів базується на уніфікованому підході до основних виробничих процесів[5-9]. Вона включає такі ключові етапи: підготовку молока, коагуляцію, обробку згустку, формування, пресування, соління та дозрівання. Кожен з цих етапів

вимагає ретельного контролю параметрів та дотримання технологічних нормативів. Виробництво сиру є багатоетапним процесом, який включає ряд технологічних операцій[1].

Процес підготовки молока до виробництва сиру починається з його ретельного очищення. Молоко спочатку пропускають через спеціальні фільтри, а потім обробляють у сепараторах-молокоочищувачах. Після цього його охолоджують до температури 2-6°С та відправляють у резервуари для тимчасового зберігання на 12-24 години. Цей етап є критично важливим для подальшої якості сиру [10, 11].

Сучасні методи очищення включають мікрофільтрацію через спеціальні мембрани з порами 0,2 мкм та бактофугування. Бактофугування - це процес центрифугування при температурі 56-57°С, який дозволяє видалити до 99% бактерій та спор. Найбільш ефективним є поєднання бактофугування з класичною пастеризацією при 72-76°С, що дає синергетичний ефект.

Тривале зберігання молока при низьких температурах має суттєвий вплив на його властивості. При 5°С близько 25% кальцію випадає в осад, що може погіршити сиропридатність. Однак цей процес є оборотним - після пастеризації кальцій знову переходить у розчинний стан. Важливо враховувати, що при тривалому зберіганні розвивається психротрофна мікрофлора, яка продукує термостійкі ферменти, що можуть надати молоку гіркуватого присмаку.

Процес визрівання молока проводиться при температурі 10±2°С протягом 10-12 годин. Під час визрівання відбуваються важливі зміни: фосфорнокислі солі переходять у розчинний стан, покращуються технологічні властивості молока. Кислотність молока при цьому зростає на 1-3°Т, але не повинна перевищувати 20°Т для твердих сирів [10, 11]. Додавання невеликої кількості бактеріальної закваски (до 0,5%) значно покращує результати визрівання. Ці всі заходи дозволяють отримати молоко з оптимальними властивостями для подальшого виробництва якісних сирів.

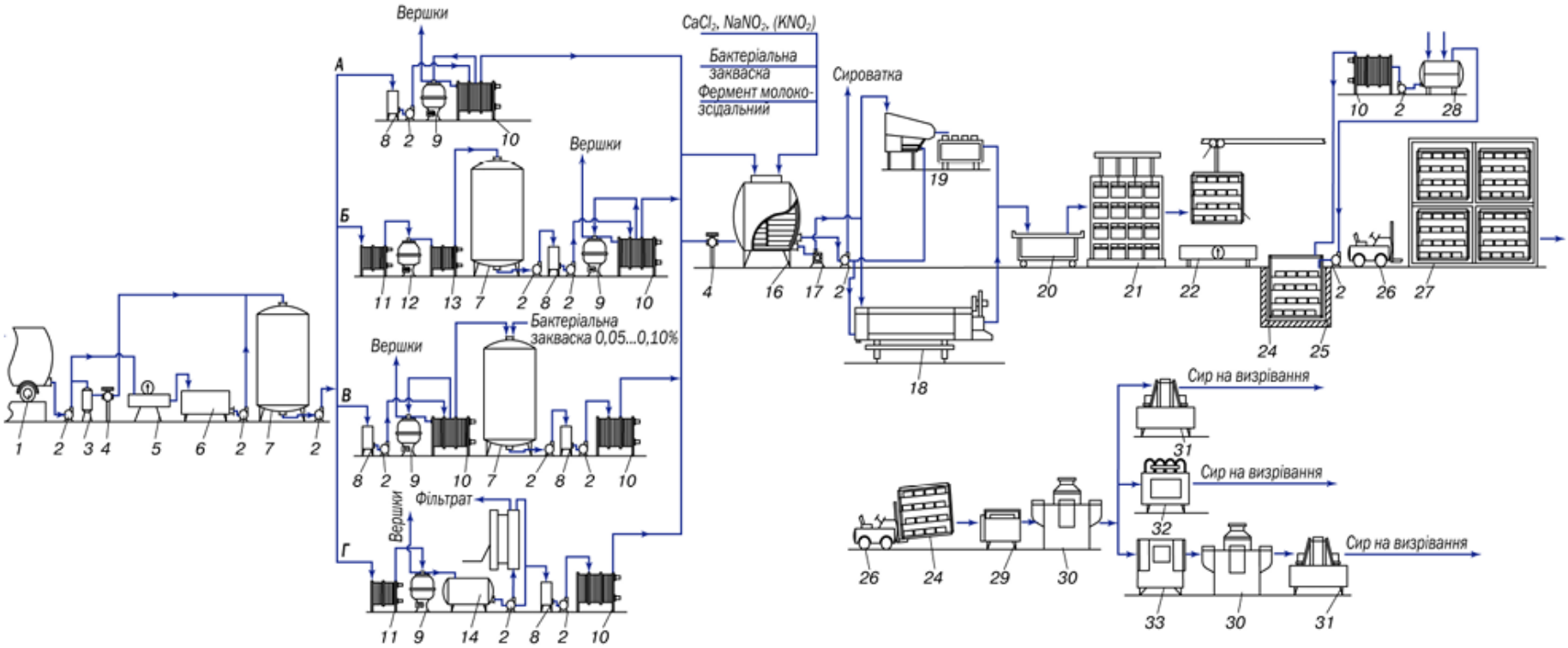

Рис 1.1. Схема типової технологічної лінії виробництва сиру: 1 – автомолцистерна; 2 – насос; 3 – повітровіддільник; 4 – лічильник; 5 – ваги для молока; 6 – ванна для молока; 7 – місткість для зберігання молока; А, Б, В, Г – різні способи підготовки молока для одержання сирного зерна; 8 – зрівнювальний бачок; 9 – сепаратор-нормалізатор; 10 – пастеризаційно-охолоджувальна установка; 11 – підігрівач; 12 – сепаратор-молокоочесник; 13 – охолодник; 14 – місткість для проміжного зберігання; 15 – ультрафільтраційна установка; 16 – сировиготовлювач; 17 – насос для перекачування сирного зерна; 18 – апарат для формування сирної маси; 19 – віддільник сироватки; 20 – візок для самопресування; 21 – прес; 22 – ваги для сиру; 23 – рольганг; 24 – контейнер для соління сиру; 25 – басейн для соління; 26 – кар; 27 – контейнери для визрівання сиру; 28 – резервуар для приготування розсолу; 29 – машина для миття сиру; 30 – сушарка для сиру; 31 – апарат для парафінування; 32 – вакуум-пакувальна машина; 33 – машина для нанесення латексного покриття на сири.

Нормалізація молочної сировини є ключовим етапом у виробництві сирів, спрямованим на досягнення оптимального співвідношення білок-жир. Цей показник безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту, оскільки визначає властивості казеїну та жирової фази. Виконується сепараторами-нормалізаторами або змішуванням цільного та знежиреного молока. Після нормалізації корегують сольовий баланс додаванням кальцію Через сезонні коливання складу молока та попит на низькожирні сири розробляються нові стандарти. Остаточний контроль жиру проводять безпосередньо перед виробництвом шляхом додавання знежиреного молока або вершків.

Пастеризація молока є критичним етапом, що впливає на мікробіологічну безпеку та технологічні властивості сирної сировини. Наукові дослідження показують, що традиційні режими (72-73°C, 15-20 с) забезпечують оптимальний баланс між знешкодженням патогенної мікрофлори та збереженням ферментативної активності. При цьому підвищення температури до 76°C рекомендується лише для сировини з підвищеним бактеріальним обтяженням. Експериментально доведено, що високотемпературна обробка (>75°C) призводить до: зниження ефективності відділення сироватки на 15-20%, подовження часу коагуляції до 120 хв., збільшення втрат жиру з сироваткою до 0,7%, формування атипової м'якої консистенції готового продукту [10, 11].

Сучасні технології передбачають комбінацію термізації (м'яка теплова обробка молока, 65°C, 15-20 с) з подальшою пастеризацією. Такий підхід дозволяє: інгібувати психротрофну мікрофлору, стимулювати проростання спор для їх подальшого знешкодження, зберігати сенсорні характеристики сировини, вакуумна обробка доповнює теплові методи, елімінуючи леткі сполуки, що погіршують органолептичні показники.

Гомогенізація молока – це механічний процес подрібнення жирових кульок до розміру 1-2 мкм шляхом пропускання молока під високим тиском (10-25 МПа) через вузькі щілини гомогенізатора, що запобігає їхньому

відстоюванню та покращує стабільність емульсії; у сироварінні гомогенізацію зазвичай застосовують лише для частково знежиреного молока (не більше 6% жиру), оскільки повна гомогенізація цільного молока може порушити процес сироутворення через надмірне дроблення жирових кульок, що ускладнює їхнє включення до сирного згустку та збільшує втрати жиру з сироваткою.

Підготовка молока до зсідання. Перед початком коагуляції молоко нагрівають до оптимальної температури (27–35 °C), що залежить від виду сиру. Далі вносять закваску молочнокислих бактерій, які запускають процес сквашування, та хімічні компоненти (хлорид кальцію для підсилення згустку та нітрати для запобігання розвитку небажаної мікрофлори). Важливим етапом є додавання сичужного ферменту (наприклад, хімозину), який забезпечує розщеплення білків молока.

Процес коагуляції (зсідання). Під дією ферментів та заквасок казеїнові білки молока утворюють тривимірну сітку, яка захоплює жирові кульки та утворює сирний згусток. Цей процес триває 25–90 хв залежно від температури, кислотності та активності ферментів[12]. У результаті суміш розділяється на щільний згусток і рідку сироватку, яку надалі частково видаляють перед подальшою обробкою сирного зерна.

Після утворення сичужного згустку проводять його механічну та термічну обробку для регулювання вологості та активності молочнокислих бактерій. Спочатку згусток нарізають на дрібні частини спеціальними ножами, що сприяє відокремленню сироватки. Потім зерно піддають поступовому нагріванню (друге підігрівання) з одночасно обережним помішуванням для рівномірного прогріву. Ці операції дозволяють досягти оптимальної щільності та структури сирної маси. Тривалість кожного етапу залежить від технологічних вимог конкретного виду сиру.

У ході обробки можуть застосовуватись спеціальні методи для корекції кислотності та текстури. Розведення сироватки водою (розкиснення) допомагає регулювати pH зерна. Для окремих видів сирів використовують чеддеризацію - послідовне пластування та перемішування маси. Часткове

соління в зерні забезпечує рівномірний розподіл солі та впливає на мікробіологічні процеси. Ці технологічні нюанси дозволяють отримувати продукти з заданими характеристиками.

Формування сиру – це технологічний процес, який включає комплекс дій з відокремлення сирного зерна від сироватки та подальшого формування з нього сирних головок. На цьому етапі сирна маса набуває визначених технологією параметрів: форми, габаритів та маси.

Самопресування є важливим етапом технології, коли сирна маса ущільнюється у формах під власною вагою без зовнішнього тиску. Під час цього процесу продовжується молочнокисле бродіння та природне зневоднення через явище синерезису. Інтенсивність зневоднення залежить від температури та кислотності середовища. Тривалість цього етапу варіює від 20 хвилин до кількох годин залежно від виду сиру та виробничих умов.

Механічне пресування виконується для формування щільної структури, остаточного видалення залишків сироватки та створення поверхневої кірки. Процес починають з легкого тиску, поступово збільшуючи навантаження, щоб уникнути блокування вологи. Температурний режим підтримують на рівні не вище 24-26°C для запобігання втратам жиру. Сучасні підприємства використовують автоматизовані пресові системи (тунельні, конвеєрні), що дозволяє скоротити процес до 2 годин. Важливим аспектом є контроль якості пресування - готова продукція повинна мати рівну щільну поверхню без дефектів.

Технологія соління сиру. Після завершення етапів самопресування та механічного пресування сирні головки зважують і передають відділення для засолювання. Соління є ключовим технологічним процесом, який здійснюється шляхом витримки сиру в розчині кухонної солі заданої концентрації або нанесенням солі на поверхню. Ця операція виконує кілька важливих функцій: регулює мікробіологічні та ферментативні процеси під час дозрівання, формує характерний смаковий профіль продукту, а також впливає на його текстурні характеристики.

Фізико-хімічні основи процесу. Під час соління відбуваються два взаємопов'язані процеси: дифузія солі в сирну масу та осмотичний вихід вологи з продукту в розчин. Ці явища протікають одночасно, але в протилежних напрямках. Найбільш ефективним і економічно вигідним методом є соління в розсолі (18-24% NaCl), яке забезпечує рівномірне просолювання при витратах 3-4 кг солі на 100 кг сиру. Для підтримки стабільності процесу необхідно контролювати параметри розсолу: температуру (8-14°C), кислотність (pH 5,2-5,3) та вміст кальцію (0,1-0,2% $CaCl_2$). Оптимальна концентрація солі сприяє не лише формуванню смаку, а й створенню сприятливих умов для подальшого дозрівання сиру, запобігаючи надмірній втраті корисних компонентів.

Процес дозрівання сиру. Дозрівання сиру є складним біохімічним процесом, під час якого відбувається трансформація білків, жирів та молочного цукру під впливом ферментів у контрольованих умовах температури та вологості. Цей етап формує характерні смакові та ароматичні якості, які відрізняють різні види сирів [15].

Біохімічні зміни під час дозрівання. Ключову роль у процесі відіграють протеолітичні ферменти, які розщеплюють білки на простіші азотисті сполуки, що впливає на структуру, консистенцію та смак продукту. Молочний цукор повністю переробляється молочнокислими бактеріями з утворенням молочної кислоти, тоді як жири під дією ліпаз розкладаються на жирні кислоти[13,14].

Особливості дозрівання різних видів сирів. У м'яких сирах, крім молочнокислих бактерій, беруть участь пліснява (наприклад, у сирах Камамбер або Білий десертний) та мікрофлора слизу (як у Дорогобузькому чи Латвійському сирах). У деяких випадках, як у сирі Рокфор, у процесі бере участь синьо-зелена пліснява, яка розвивається всередині сирної маси. Для твердих сирів характерним є утворення (або відсутність) специфічного вічкового рисунку, що залежить від технології виробництва.

Дозрівання сиру є складним біохімічним процесом, під час якого відбуваються глибокі трансформації основних компонентів молока. Цей етап

вимагає ретельного контролю температури та вологості, оскільки саме вони визначають інтенсивність мікробіологічних і ферментативних процесів. Втрата вологи, особливо значна під час соління (4-6%), може суттєво вплинути на якість кінцевого продукту, тому в сучасних технологіях застосовують спеціальні покриття для збереження оптимального водного балансу.

Трансформація білків і жирів. Білки сиру під час дозрівання зазнають глибокого протеолізу під дією ферментів сичужного препарату та мікрофлори закваски. Цей процес призводить до утворення різноманітних азотистих сполук - від високомолекулярних поліпептидів до вільних амінокислот. Характерно, що в м'яких сирах переважають проміжні продукти розпаду (пептиди), тоді як у твердих сирах спостерігається глибший гідроліз до амінокислот. Жирові компоненти також зазнають змін, особливо в сирах з пліснявою, де ліполіз є більш вираженим і сприяє формуванню характерних ароматів.

Метаболізм лактози та регулювання кислотності. Лактоза, як основний вуглевод молока, повністю зброджується протягом перших діб дозрівання. Цей процес відбувається з утворенням молочної кислоти, яка відіграє ключову роль у формуванні середовища сиру. Оптимальний рівень кислотності (pH 5,25-5,3) досягається за рахунок точного дозування заквасок і контролю технологічних параметрів. Важливо враховувати, що надмірна кислотність може призвести до погіршення текстурних характеристик, тоді як недостатня - сприятиме розвитку небажаної мікрофлори.

Вплив технологічних факторів на якість. Інтенсивність біохімічних процесів під час дозрівання значною мірою залежить від початкового складу сиру, виду використаної закваски та умов витримки. Наприклад, вміст солі, температура дозрівання і початкова вологість продукту безпосередньо впливають на швидкість ферментативних перетворень. Сучасні технології дозволяють точно регулювати ці параметри, що забезпечує отримання продукту з заданими характеристиками смаку, аромату та консистенції. Особливу увагу приділяють контролю розвитку плісневих культур у м'яких

сирах, які значною мірою визначають їхні унікальні якості.

Після досягнення оптимальної зрілості сир проходить заключний етап підготовки до реалізації. Цей процес включає оцінку ступеня зрілості, фасування та пакування згідно з вимогами до зберігання та транспортування. Сучасні технології пакування дозволяють максимально зберегти якість та смакові характеристики продукту.

Пакування та фасування сиру. Для пакування використовують сучасні матеріали: полімерні плівки, багатошарові композитні матеріали для вакуумного пакування, а також традиційні парафінові покриття. Сири можуть пакуватись трьома основними способами: звичайним методом, під вакуумом або в інертній газовій атмосфері (вуглекислий газ, нітроген або їх суміші), що особливо важливо для продовження терміну зберігання.

Форми реалізації сирної продукції. Сир пропонується споживачам у різних форматах. Традиційні головки сиру мають масу до 15 кг. Для роздрібної торгівлі продукція фасується у зручні для споживача формати: бруски, сектори, нарізку у вакуумних пакетах або індивідуальні порції масою від 25 г до 1 кг. Такий підхід задовольняє потреби різних категорій покупців та забезпечує зручність використання.

1.2. Функціональні властивості казеїнатів

Дуже важливою якісною ознакою білкових препаратів є їхні функціональні властивості, які характеризують, зокрема, спосіб взаємодії білків з компонентами харчових продуктів і, таким чином, визначають можливості їх практичного застосування. Функціональні властивості білків — це фізичні та хімічні характеристики, які впливають на їх поведінку під час переробки та зберігання харчових продуктів, а також на формування їх якісних ознак [16].

До найважливіших, з точки зору харчової промисловості, функціональних властивостей казеїнатів належать: розчинність, водозв'язувальна здатність, в'язкість, здатність до гелеутворення, зв'язування жиру, а також емульгування та піноутворення. Розчинність — це властивість білка утворювати суспензію або розчин у рідкому середовищі, і саме вона значною мірою визначає інші функціональні властивості білкових препаратів. У харчовій промисловості ця характеристика особливо важлива, оскільки впливає на те, як білок поводиться в процесі обробки продуктів [17-19]. Дослідження показують, що розчинність екструдованих казеїнатів змінюється залежно від рівня pH: найкраща вона при нейтральному pH (вище 90%), але різко зменшується при наближенні до ізоелектричної точки казеїну (pH 4,5), де становить менше 3%. При pH 3,5 — показник розчинності опускається до 7–8% або, за іншими даними, до 40% [20]. Це пояснюється тим, що при ізоелектричній точці білкові молекули мають найменшу здатність утримуватись у розчині, і тому осаджуються. Таким чином, знання про розчинність допомагає правильно добирати умови для використання білкових добавок у різних харчових продуктах.

Казеїн натрію утворює розчини у воді, тоді як казеїн кальцію є більш дисперсним і формує колоїдні суспензії [21]. Високий вміст лактози знижує розчинність казеїнатів, що, ймовірно, пов'язано з утворенням

білково-вуглеводних комплексів [20]. Казеїнати з високою розчинністю можуть вироблятися безпосередньо методом екструзії з знежиреного сухого молока при низькій температурі (близько 50 °C) і за умови багаторазового промивання білка, щоб мінімізувати вміст лактози й золи [22,23].

На розчинність гранульованого казеїнату натрію впливають численні технологічні чинники, зокрема: тривалість нейтралізації та кількість доданого лугу, розмір частинок згустку, вміст вологи, а також розмір частинок продукту після сушіння [23]. Згідно з дослідженням O. Tossavainen та ін. [24, 25], казеїн натрію, отриманий методом екструзії та нейтралізований кислим карбонатом натрію до pH 6,74, має майже 100-відсоткову розчинність. Було також встановлено, що як надто мала, так і надто велика кількість нейтралізатора негативно впливає на розчинність казеїнату.

Вологоутримувальна здатність білків – це їхня властивість зв’язувати значні кількості води, що відіграє важливу роль у багатьох галузях, зокрема в харчовій промисловості, біохімії та фізіології. Ця здатність залежить від багатьох чинників, серед яких – амінокислотний склад білка, кількість полярних груп у молекулі, доступність гідрофільних ділянок, pH середовища, йонна сила, температура та концентрація самого білка. Наприклад, білки, багаті на полярні амінокислоти, такі як серин або глутамін, мають підвищену здатність до зв’язування води, оскільки ці групи утворюють водневі зв’язки з молекулами води. Важливу роль також відіграє pH: залежно від кислотності чи лужності середовища заряд білкової молекули змінюється, що впливає на взаємодію з водою та розгортання структури білка. У присутності солей (тобто при зміні йонної сили) також можуть виникати зміни в структурі та гідратації білка.

Особливий інтерес становлять казеїнати – солі казеїну, головного білка молока. Вони мають винятково високу вологоутримувальну здатність, що робить їх незамінними у виробництві харчових продуктів,

зокрема м’ясних і молочних виробів, де важливо зберегти соковитість, текстуру та масу продукту. Казеїнати добре набрякають у воді та здатні утворювати гелі, утримуючи воду навіть при тепловій обробці. Ця властивість пояснюється великою кількістю гідрофільних груп, високим ступенем розгалуження молекули та стабільністю структури при різних умовах навколишнього середовища. Завдяки цим властивостям казеїнати широко застосовуються як функціональні інгредієнти у харчовій промисловості. Таким чином, здатність білків до зв’язування води – це складний і багатофакторний процес, який має важливе прикладне значення, а казеїнати – один із найяскравіших прикладів білків з високою водозв’язувальною здатністю.

В’язкість розчинів або суспензій казеїнатів є властивістю, що визначає їхню придатність до використання в харчовій промисловості як згущувачів. Цей параметр має велике значення при проєктуванні харчових рецептур, де необхідно досягти певної консистенції або стабільності продукту. В’язкість у значній мірі залежить від концентрації казеїнату: зі зростанням його вмісту в системі зростає й опір до плину. Дослідження M.R. Guo та співавторів [26] продемонстрували лінійну залежність між логарифмом в’язкості розчинів казеїнату натрію (як не підданого термічній обробці, так і нагрітого до температури 120 і 132 °C протягом 60 хвилин) і підвищенням концентрації білка до 14%. Це свідчить про те, що зміна концентрації казеїнатів дозволяє керувати їхньою функціональністю у технологічних процесах, зокрема в ролі стабілізаторів текстури та густини.

Утворення гелю є важливою властивістю, що визначає структурні властивості багатьох харчових продуктів і страв. Желювання білків — це процес формування тривимірної просторової сітки, яка утримує безперервну фазу системи. Така структура виникає внаслідок розгортання білкових молекул і їхньої агрегації, тобто об’єднання в більш складні комплекси. У результаті система переходить із рідкого стану в напівтвердий.

Властивості білкових гелів залежать, зокрема, від концентрації білка, йонного середовища, значення pH, температури, а також присутності інших сполук, які можуть впливати на міжмолекулярні взаємодії. Так, суспензія казеїнату кальцію з вмістом білка 15–25% утворює гель у діапазоні pH 5,9–7,6 під впливом нагрівання до температури 50–60 °C. Температура гелеутворення при цьому зростає пропорційно до підвищення концентрації білка, а зниження температури спричиняє повернення гелю до рідкого стану.

Стабільність отриманого гелю часто оцінюють за величиною синерезису — процесу виділення рідини з гелю. Дослідження Takeuchi K.P., Cunha R.L. [27] показали, що синерезис гелю, утвореного шляхом підкислення розчину казеїнату натрію до значення pH в зоні ізоелектричної точки казеїну, зростає зі збільшенням температури та зменшенням концентрації білка. Зокрема, гелі, виготовлені з 6% розчину казеїнату натрію при температурах 4 та 10 °C, мали синерезис на рівні близько 30%, тоді як при температурі 25 °C цей показник перевищував 50%. У випадку гелів, отриманих із 2% розчину казеїнату натрію, незалежно від температури в діапазоні 4–40 °C, синерезис перевищував 70%. Ці дані свідчать про велику чутливість білкових гелів до умов середовища та про необхідність ретельного контролю параметрів при їхньому застосуванні в харчовій промисловості.

Властивість казеїнатів до зв’язування жиру значною мірою залежить від методу їх виробництва. Казеїнати, отримані методом екструзії, мають значно вищу здатність до абсорбції жиру, ніж казеїнати, виготовлені класичним резервуарним методом.

У дослідженнях Шпендовського та співавторів [20] було встановлено, що поглинання жиру казеїнатами натрію та кальцію, виготовленими резервуарним методом, становило відповідно 2,23±0,26 і 1,30±0,22 см³ олії на грам препарату. У випадку казеїнатів натрію та кальцію, отриманих методом екструзії, кількість зв’язаного жиру була

вищою — відповідно 3,65±0,26 і 1,56±0,23 см³ олії на грам препарату.

Зв’язування жиру білками зумовлене наявністю гідрофобних груп у їхній структурі. Під час екструзії відбувається розкриття гідрофобних ділянок у молекулах білка, що пояснює кращу здатність до поглинання жиру казеїнатами, отриманими цим методом [20].

Стабілізація емульсій білками пов’язана з їхньою здатністю до адсорбції на межі фаз, зниження поверхневого натягу та утворення суцільного шару навколо диспергованих жирових крапель. Вирішальне значення в цьому процесі має стабільність конформації білка та його здатність змінювати свою просторову структуру на міжфазній поверхні. Крім того, важливою є наявність і просторове розташування гідрофобних і гідрофільних груп, що забезпечують білковим молекулам амфіфільний характер.

Казеїнати, отримані методом екструзії, демонструють найкращу ефективність в емілюванні та стабілізації емульсій при значеннях pH, близьких до нейтрального. Зниження активної кислотності до рівня pH, характерного для ізоелектричної точки казеїну, призводить до істотного погіршення емульгувальних властивостей білків. Наприклад, при pH 4,5 казеїнат натрію і натрієво-кальцієвий казеїнат мають приблизно на третину нижчу ефективність емілювання порівняно з показниками при pH 6,8, тоді як казеїнат кальцію втрачає понад половину своєї ефективності [16].

Цікаво, що при ще нижчому значенні pH — 3,5 — казеїнат кальцію та натрієво-кальцієвий казеїнат демонструють кращу здатність до емілювання та стабілізації емульсій, ніж казеїнат натрію. Негативний вплив підвищення кислотності на ефективність емілювання та стабільність емульсій, сформованих за участі казеїнатів, імовірно пов’язаний із зниженням їх розчинності в кислому середовищі.

Екструдовані казеїнати демонструють найвищу ефективність у процесах емульгування та стабілізації емульсій при pH, близькому до нейтрального. Збільшення активної кислотності до рівня pH, характерного

для ізоелектричної точки казеїну, супроводжується значним погіршенням їхніх емульгуючих властивостей.

Таблиця 1.1

Вплив pH середовища на емульгуючі властивості казеїнатів, вироблених методом екструзії

Вид казеїнату	pH	Емульгуюча здатність (%)	Стабільність емульсії (%)
Натрій казеїнат	6,8	87,4±4,12	100
	5,5	76,6±3,89	100
	4,5	60,0±2,15	36,4±2,56
	3,5	55,7±1,89	26,0±2,05
Кальцій казеїнат	6,8	85,2±3,98	100
	5,5	79,2±3,01	100
	4,5	39,0±1,67	30,3±1,87
	3,5	66,4±2,23	36,4±1,99
Натрій-кальцію казеїнат	6,8	86,5±3,67	100
	5,5	78,0±3,45	100
	4,5	60,0±2,45	36,4±1,89
	3,5	66,0±2,56	39,2±2,07

Джерело: розроблено на основі [20].

При pH 4,5 казеїнат натрію та натрієво-кальцієвий казеїнат у середньому мають приблизно на третину нижчу ефективність емульгування, тоді як казеїнат кальцію — більш ніж на половину, порівняно з показниками при pH 6,8 [20].

У середовищі з pH 3,5 казеїнат кальцію та натрієво-кальцієвий казеїнат демонструють кращу здатність до емульгування та стабілізації емульсій, ніж казеїнат натрію. Негативний вплив підвищеної кислотності

на ефективність емульгування та стабільність емульсій, сформованих за участі казеїнатів, ймовірно, є наслідком зниження їхньої розчинності.

Нагрівання модифікує емульгуючі властивості казеїнатів. Б. Лієске та Ґ. Конрад [28] встановили, що нагрівання розчинів казеїнату натрію при температурі 90 °C протягом 5 хвилин, особливо в лужному середовищі, покращує їхню здатність до емульгування жиру. Натомість, М.Р. Го та співавтори [26] виявили негативний вплив нагрівання при температурах 120 та 132 °C протягом 60 хвилин на емульгуючі властивості казеїнату натрію.

У дослідженнях Srinivasan M., Singh H., Munro P.A. [29] нагрівання розчинів казеїнату натрію при температурі 121 °C протягом 15 хвилин позитивно впливало на стабільність створених емульсій з вмістом жиру 30%, проте ця стабільність зменшувалася зі зростанням концентрації білка. При концентрації казеїнату натрію 0,5–1% стабільність емульсій становила близько 60%, тоді як при підвищенні концентрації до 5% вона знижувалася до приблизно 10%. Нестабільність емульсій є результатом коалесценції жирових крапель, причому концентрація білка значно впливає на їх розмір. Коли кількість білка перевищує потребу у покритті поверхні жирових крапель, між білковими молекулами виникає конкуренція за поверхню, що знижує ефективність гомогенізації.

Стабільність жирових емульсій, створених з використанням казеїнату кальцію, зростає зі збільшенням його концентрації. При 1% вмісту казеїнату кальцію стабільність емульсії становила трохи більше ніж 10%, тоді як при збільшенні його концентрації до 5% стабільність сягала майже 65%.Відомо, що казеїнат кальцію адсорбується у формі агрегатів, а для створення стабільної емульсії необхідна вища концентрація білка на поверхні жирових крапель.

Таблиця 1.2.

Піноутворюючі властивості казеїнату натрію та кальцію, вироблених методом екструзії

Вид казеїнату	Вміст білка в розчині (%)	Додаток інших компонентів (%)	Кількість піни (%)	Стабільність піни (%)
Натрій казеїнат	1,0	–	715,0	15,0
	5,0	–	760,0	100,0
	10,0	–	760,0	100,0
	5,0	1,0 сахарози	800,0	75,0
	5,0	0,5 NaCl	780,0	100,0
Кальцій казеїнат	1,0	–	560,0	50,0
	5,0	–	540,0	50,0
	10,0	–	580,0	50,0
	5,0	1,0 сахарози	525,0	85,0
	5,0	0,5 NaCl	570,0	70,0

Джерело: розроблено на основі [30].

На стабільність жирових емульсій, сформованих за участю казеїнатів, позитивно впливає додавання хлориду натрію. Найвищу стабільність емульсій з казеїнатом натрію (1% і 3%) або кальцію (2,5%) було зафіксовано при додаванні хлориду натрію в кількості 200 ммоль/дм³.

Г. Панфіл-Кунцевич та А. Кунцевич [30] досліджували ефективність утворення піни та її стабільність для різних молочних препаратів, зокрема

казеїнату натрію і кальцію, отриманих методом екструзії (Табл.1.2). Було встановлено, що ефективність утворення піни в розчинах казеїнату натрію з вмістом білка 10% була приблизно у 1,3 раза вищою, а стабільність отриманих пін — у 2 рази вищою, ніж у суспензій казеїнату кальцію з аналогічним вмістом білка. Піна утворюється внаслідок диспергування газових пухирців у рідкій фазі завдяки одночасній взаємодії білка з молекулами рідини та газу. Стабільність піни визначається її здатністю утримувати дисперговану газову фазу. Руйнування піни під дією гравітації відбувається відповідно до закону Стокса і проходить поступово через кілька стадій: агломерації, коалесценції, прогресивного розділення фаз і повного руйнування структури.

Додавання сахарози (1%) та хлориду натрію (0,5%) позитивно впливало на піноутворення казеїнату натрію, а в разі казеїнату кальцію ці добавки покращували стабільність піни. Підвищення концентрації білка в розчинах казеїнатів незначно покращувало їхню здатність до утворення піни, а для казеїнату натрію це мало чітко виражений позитивний вплив на стабільність піни.

C. Carrera Sánchez та J. M. Rodríguez Patino [31] показали, що збільшення концентрації білка в розчинах казеїнату натрію до 1% призводить до утворення пін, які складаються з менших і щільніших бульбашок. Стабільність піни значною мірою залежить від pH середовища. При pH 7–9 піноутворення та стабільність утворених пін є дуже високими, тоді як при pH 4,5, коли розчинність казеїнатів найнижча [22], спостерігається менша стабільність. Піноутворювальна здатність тим вища, чим швидше білки адсорбуються на міжфазній поверхні. Збільшення здатності до утворення піни може стимулюватися частковою денатурацією білка. Казеїнат натрію, розчини якого попередньо нагрівали при 90°C протягом 5 хв при pH 3,0; 6,5 та 10,0, утворював у середовищі з pH 2–3 піни зі стабільністю вище 65% [28].

1.3. Модифіковані концентрати сироваткових білків як функціональні інгредієнти для збагачення харчових продуктів

Сучасні технології харчових виробництв дедалі частіше звертаються до використання функціональних інгредієнтів, які не лише підвищують поживну цінність продуктів, але й покращують їхні структурно-функціональні властивості. Серед таких компонентів особливе місце займають сироваткові білки, що є цінним джерелом незамінних амінокислот та мають високу біологічну доступність. Однак їхній потенціал може бути значно розширений завдяки різним методам модифікації, що дозволяють адаптувати білки до специфічних технологічних умов і потреб споживачів.

Модифіковані концентрати сироваткових білків (КСБ) відіграють ключову роль у розробці функціональних продуктів, оскільки їхні фізико-хімічні властивості можуть бути спрямовані на поліпшення піноутворення, емульгування, гелеутворення або стабілізацію систем. Хімічні, ферментативні та фізичні методи модифікації дозволяють змінювати гідрофобність, заряд, розчинність та інші характеристики білків, що відкриває нові можливості для їх застосування. Наприклад, часткова денатурація або гідроліз можуть підвищити адсорбційну здатність білків на межі фаз, що є критично важливим для стабілізації емульсій і пін.

Використання модифікованих КСБ як збагачувачів харчових продуктів є перспективним напрямком, оскільки вони поєднують високу біологічну цінність із технологічною функціональністю. Такі інгредієнти можуть застосовуватися в молочній, м’ясній, хлібобулочній та інших галузях харчової промисловості, сприяючи створенню продуктів із покращеними якісними показниками та додатковими корисними властивостями. Дослідження в цій галузі спрямовані на оптимізацію методів модифікації та вивчення взаємозв’язку між структурою білків і їх функціональною ефективністю у різних харчових матрицях.

Казеїнати знайшли широке застосування у різних галузях харчової промисловості. Їх використовують у м’ясопереробці, гастрономічному виробництві, виготовленні злакових продуктів, хлібопекарстві, кондитерській справі, молочній промисловості, виробництві напоїв, харчових концентратів, а також при створенні продуктів спеціального дієтичного призначення.

Ще в 1960-х роках було дозволено застосування казеїнатів у м’ясопереробці [31]. Ці препарати мають особливу цінність для м’ясної промисловості завдяки високій емульгуючій здатності та здатності зв’язувати жири [21]. Казеїнати використовують при виробництві паштетів, печених виробів, блокових ковбасних виробів та шинки.

Казеїнат натрію може використовуватись як замінник м’яса при виробництві м’ясного фаршу, сардельок, мортадели, сервелатів та звичайних ковбас, консервів і м’ясних фаршів. Стандартна кількість казеїнатів у м’ясних продуктах зазвичай становить від 1 до 3% [31].

Вважається, що казеїнат натрію за своєю здатністю емульгувати жири не поступається якісним характеристикам нежирного м’яса і може служити його ефективним замінником . Додавання білкових препаратів у оптимальній кількості до м’ясних фаршів дозволяє зменшити теплові втрати жиру та желе, покращує консистенцію, смакові якості та поживну цінність готової продукції [31].

Практичне застосування у м’ясній промисловості
Серед різних видів казеїнатів найширше практичне застосування у м’ясній галузі знайшов саме казеїнат натрію. Проводились дослідження щодо його використання для часткового заміщення м’ясного білка у гастрономічних виробах. Так, заміна 30% м’яса казеїнатом натрію дозволяла виготовляти котлети, тефтелі та печеню "романо" без погіршення їх якісних характеристик.

Застосування у готових харчових продуктах
Через здатність утворювати в’язкі розчини та суспензії, казеїнати можуть використовуватись як компонент готових обідніх страв, таких як супи та соуси [31, 32]. Ця властивість розширює сферу їх застосування у харчовій

промисловості, дозволяючи покращувати текстуру та стабільність різноманітних продуктів.

Казеїнати знаходять широке застосування у виробництві злакових продуктів та хлібобулочних виробів. Вони є цінним компонентом для збагачення макаронних виробів та сніданкових пластівців. При виробництві хліба додавання 2-4% казеїнату натрію підвищує водопоглинаючу здатність борошна та об'єм буханців [18], скорочує час виробництва та позитивно впливає на текстуру виробів, зміцнюючи клейковинну мережу тіста [33]. Молочні білки, завдяки хорошим адгезійним властивостям, сприяють отриманню продуктів з однорідною структурою. З харчової точки зору, злакові білки є неповноцінними через дефіцит лізину, а додавання казеїнату ефективно компенсує цей недолік, підвищуючи біологічну цінність білків у злакових продуктах [34, 35].

Казеїнати також застосовуються у кондитерській галузі. Завдяки емульгуючим та піноутворюючим властивостям вони використовуються при виробництві десертів, кремів, глазурі та кондитерських виробів [36]. У виробництві карамелі та ірисів казеїнати застосовують для зв'язування води та запобігання кристалізації цукру. Додаток казеїнатів позитивно впливає на аромат та колір карамелі та ірисів. Казеїнат натрію, що використовується при виробництві пончиків, покращує структуру тіста та запобігає надмірному поглинанню жиру під час смаження.

Казеїнати також знаходять застосування у кондитерській галузі. Завдяки своїм емульгуючим та піноутворюючим властивостям вони використовуються у виробництві десертів, кремів, глазурі та кондитерських виробів [19]. У виробництві карамелі та ірисів казеїнати застосовують для зв'язування води та запобігання кристалізації цукру. Додаток казеїнатів позитивно впливає на аромат та колір карамелі та ірисів. Казеїнат натрію, що використовується при виробництві пончиків, покращує структуру тіста та запобігає надмірному поглинанню жиру під час смаження.

У молочній промисловості казеїнати знаходять застосування як у

виробництві традиційних молочних продуктів, так і їхніх замінників та аналогів. Казеїнати використовуються, зокрема, при виробництві:

- низькожирних продуктів для намазок;
- ферментованих та неферментованих молочних напоїв;
- зернистого сиру;
- плавлених сирів;
- імітацій сиру;
- вершків для збивання;
- вершків та збагачувачів до кави;
- морозива та десертів [19, 20,36].

Додаток казеїнату при виробництві йогурту позитивно впливає на його структуру та консистенцію, а також запобігає синерезису. Імітації сирів з використанням казеїнатів застосовуються переважно у виробництві фаст-фуду. Корисність казеїнатів у виробництві імітацій сирів обумовлена їхньою хорошою емульгуючою здатністю, властивістю зв'язувати жир та воду, а також текстуроутворюючими та смаковими якостями.

У заморожених десертах молочні білки забезпечують бажані смакові відчуття та утримують воду. Частка казеїнату натрію у збагачувачах до кави може сягати 1,8%, а про його використання вирішують емульгуючі властивості, гарна розчинність та стабільність за умов pH та температури подачі кави.

Білкові препарати, зокрема казеїнати, знаходять широке застосування у виробництві різноманітних напоїв. Казеїнат кальцію успішно використовується для збагачення фруктових соків білком, що підвищує їхню поживну цінність [20]. У алкогольній промисловості казеїнати, особливо казеїнат натрію, виконують важливу функцію стабілізатора лікерів, збільшуючи їх в'язкість та покращуючи структуру. У сфері харчових концентратів ці білки стали невід'ємним компонентом при виробництві сухих супових сумішей, порошкових напоїв та десертів, що пов'язано з їхніми функціональними властивостями та здатністю до регідратації [19]. Особливе

значення казеїнати мають у виробництві спеціалізованих харчових продуктів, призначених для окремих груп населення. Високий вміст білка та наявність корисних мінералів, зокрема кальцію у казеїнаті кальцію, роблять їх ідеальним інгредієнтом для дитячого харчування, спортивних продуктів, а також харчових рішень для людей похилого віку та тих, хто потребує дієтичного харчування після хвороби [36]. Ці унікальні властивості казеїнатів дозволяють створювати продукти з підвищеною поживною цінністю, адаптовані до специфічних потреб різних категорій споживачів.

Казеїнат натрію та інші види казеїнатів широко використовуються у сироварінні як функціональні добавки, що значно покращують якісні характеристики готової продукції. Ці білкові компоненти особливо цінні завдяки своїй здатності емульгувати жири, зв’язувати воду та формувати стабільну структуру.

У виробництві плавлених сирів казеїнати відіграють ключову роль, виконуючи кілька важливих функцій. Вони забезпечують отримання однорідної консистенції без схильності до розшарування, покращують плавкість продукту при нагріванні та сприяють формуванню оптимальної текстури. Саме завдяки казеїнатам плавлені сири зберігають свою характерну кремовість і легко розподіляються.

При виготовленні аналогів та імітацій сирів, які широко використовуються у фаст-фуді, казеїнати дозволяють частково або повністю замінити молочний жир, зберігаючи при цьому бажані функціональні властивості. Вони допомагають відтворити характерну сирну текстуру, тягучість при плавленні та інші важливі споживчі якості.

У технології виробництва зернистих сирів, таких як “коттедж”, додавання казеїнатів дає кілька переваг. Ці компоненти сприяють збільшенню виходу готової продукції, покращують структуру сирних зерен і продовжують термін придатності продукту. Крім того, вони допомагають зберегти оптимальну вологість сиру.

Особливе значення казеїнати мають у виробництві збагачених білком

сирів. Вони дозволяють суттєво підвищити вміст білка в продукті, покращити його амінокислотний склад, при цьому зберігаючи традиційні органолептичні характеристики. Типова концентрація казеїнатів у сирних продуктах становить від 1 до 5% від загальної маси, що дозволяє досягти оптимального балансу між технологічною ефективністю і смаковими якостями готового продукту.

Казеїнати займають важливе місце в асортименті підприємств молочної промисловості по всьому світу. Багато спеціалізованих підприємств зосереджені виключно на переробці молока у казеїн та казеїнати, постійно вдосконалюючи технології їх виробництва. Серед різновидів казеїнатів найбільше значення у харчовій промисловості мають казеїнат натрію та казеїнат кальцію.

Сучасна харчова промисловість має у своєму розпорядженні численні компоненти з різними функціональними властивостями. Однак через економічні міркування виробники часто віддають перевагу значно дешевшим білковим та полісахаридним препаратам рослинного походження замість казеїнатів. Таке рішення часто не лише не призводить до зниження вартості кінцевої продукції, але й компромітує її якість, зокрема поживну цінність.

Харчові продукти, які потрапляють до споживачів, повинні виконувати свою фундаментальну функцію - максимально ефективно задовольняти потреби організму в поживних речовинах. Використання у виробництві харчових продуктів таких компонентів як казеїнати дозволяє гарантувати виконання цієї важливої функції.

Слід зазначити, що казеїнати, незважаючи на свою вищу вартість у порівнянні з рослинними аналогами, забезпечують:

- оптимальний амінокислотний склад
- високу біологічну доступність
- стабільні функціональні властивості
- доведену безпеку для здоров’я

Це робить їх незамінними у виробництві якісних харчових продуктів,

особливо для дитячого харчування, спортивного харчування та спеціалізованих дієтичних продуктів.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти дослідження

Сироватковий протеїн - це білок, виділений з молочної сироватки, який широко використовується в спортивному харчуванні. Він є найкращим протеїном для набору м'язової маси, активного спалювання жирів, підвищення результативності тренувань, прискорення відновних процесів. Паралельно з цим він позитивно впливає на імунну систему людини, а так само покращує травлення, прискорює метаболізм. Прийом сироваткового протеїну знижує рівень холестерину в крові. До його складу входять всі незамінні для людського організму амінокислоти.

Це багате джерело якісного білка. Існує три види сироваткового протеїну, залежно від процентного вмісту білка:

- Концентрат (50 - 85%) - отримують шляхом ультрафільтрації сироватки. Крім білка він містить в собі лактозу, жири та мінерали. Засвоюється протягом 40 хвилин;
- Ізолят (90 - 95%) - отримують методом мембранної фільтрації. Він практично не містить в собі лактози і жирів. Засвоюється за 15 - 20 хвилин;
- Гідролізат (99%) - отримують шляхом ферментативного гідролізу. Засвоюється за 5 - 10 хвилин.

Сироватковий протеїн засвоюється дуже швидко, і приймати його потрібно відразу після тренування. Щоб уникнути м'язового катаболізму і для збільшення витривалості необхідний додатковий прийом протеїну до тренування. Прийом сироваткового протеїну буде максимально ефективним при чіткому дотриманні режиму тренувань і правильному харчуванні. Сироватковий протеїн - продукт, який є частиною здорового харчування та активного способу життя.

Протеїн Гадяч КСБ-УФ-65 широко використовується у сфері спортивного харчування як джерело високоякісного білка для підтримки та відновлення м'язової маси. Крім того, він знаходить застосування у харчовій

промисловості як інгредієнт для збагачення продуктів білком. “Протеїн Гадяч” є конкретною торговою маркою та продуктом, що виробляється компанією “ТехМолПром”. Згідно з інформацією, “Гадяч-протеїн” є високобілковою сумішшю, яка містить 65% сироваткового білка (КСБ-УФ-65), отриманого з молочної сироватки в процесі виробництва твердих сирів. Зазначається його використання в різних галузях, включаючи дитяче та спортивне харчування.

Таблиця 2.1

Поживний склад та технологічні властивості сироваткового білкового концентрату

Параметр	Значення
Вологовміст	4,3%
Білки	65–70 г / 100 г
Жири	0–5 г / 100 г (залежно від смаку)
Вуглеводи	17–22 г / 100 г
Енергетична цінність	330–363 ккал / 100 г
Кислотність	Не зазначено; стандартно для сироваткових білків — нейтральна або слабокисла
Розчинність	Висока; добре розчиняється у воді, молоці та інших рідинах
Колір	Від білого до кремового; залежить від смакових добавок
Запах	Характерний для пастеризованої молочної сироватки; без сторонніх запахів
Смак	Нейтральний (без смаку) або з додаванням ароматизаторів (шоколад, банан, полуниця тощо)
Текстура	Однорідний, дрібнодисперсний сухий порошок

Концентрат сироваткового білка (КСБ) є цінним продуктом, отриманим із сироватки – побічного продукту виготовлення сиру. Процес виробництва

КСБ зазвичай включає ультрафільтрацію, метод, який дозволяє концентрувати білки, відокремлюючи їх від інших компонентів сироватки, таких як лактоза та жири. Число “65” у назві “КСБ 65” вказує на приблизний вміст білка в продукті, що становить близько 65% від його ваги. Ця концентрація визначає його місце серед інших видів КСБ і впливає на його властивості та застосування.

Вміст вологи є критично важливим параметром для білкових порошків, оскільки він безпосередньо впливає на термін їх зберігання, сипкість та концентрацію інших складових. Загальноприйняті діапазони вмісту вологи для КСБ встановлюються галузевими стандартами та науковою літературою. Згідно з експериментальними даними вміст вологи для КСБ становить 4,3%. Цей діапазон є типовим для КСБ і забезпечує стабільність продукту, запобігаючи його злежуванню та розвитку мікроорганізмів.

Кислотність, що вимірюється за допомогою pH та потенційно титрованої кислотності, є важливим показником для сироваткового білка. Вона може впливати на розчинність, стабільність та сенсорні властивості продукту. Згідно з експериментальними даними pH для КСБ становить 6,7. Важливо зазначити різницю між солодкою сироваткою (pH ≥ 5,6) та кислою сироваткою (pH ≤ 5,1). Більшість процесів виробництва сиру, як зазначено, призводять до отримання солодкої сироватки. Цей діапазон зазвичай є бажаним для концентратів сироваткового білка, оскільки сприяє підтримці розчинності та приємного смаку.

Розчинність є надзвичайно важливим параметром для сироваткових білкових порошків, особливо для їх використання у напоях та коктейлях. Хороша розчинність забезпечує однорідну текстуру та легкість споживання. На розчинність впливають різні фактори, такі як концентрація білка, pH, методи обробки (наприклад, інстантизація, агломерування) та наявність інших інгредієнтів.

КСБ-УФ-65 добре розчиняється у воді, молоці та соці. Крім того, КСБ-УФ-65 має перевагу у швидкому засвоєнні – протягом 30 хвилин, що неявно

свідчить про достатню розчинність для швидкого перетравлення. Використання демінералізованої сироватки як вихідної сировини, ймовірно, сприяє хорошій розчинності кінцевого продукту. Демінералізація видаляє мінерали, які іноді можуть перешкоджати розчинності білків. Хоча фрагменти вказують на хорошу розчинність, для більш технічної оцінки та порівняння з іншими брендами було б цінним отримати кількісний показник, такий як індекс розчинності.

Колір неароматизованого КСБ-УФ-65 зазвичай варіюється від білого до кремово-білого. Типовий запах неароматизованого КСБ - слабо молочний або нейтральний. Смакові профілі неароматизованого КСБ часто описуються як нейтральні або з легким молочним відтінком. Текстура порошку КСБ – дрібна, сипка. Після розчинення він має гладку консистенцію без зернистості.

Таблиця 2.2

Хімічний склад концентрату сироваткових білків (КСБ 65)

Показник	**Одиниця виміру**	**Значення**
Вологовміст	%	4,3
Білки	г / 100 г	65–70
Жири	г / 100 г	0–5
Вуглеводи	г / 100 г	17–22
Мінеральні речовини	г / 100 г	4–5
Енергетична цінність	ккал / 100 г	330–363
Кислотність (pH)*	-	6,8
Зольність (мінеральні речовини)	%	2,5–3,5 (орієнтовно)

Ці характеристики роблять КСБ 65 універсальним інгредієнтом для різних харчових продуктів, таких як спортивне харчування, молочні коктейлі, випічка та інші. Його висока розчинність і нейтральний смак дозволяють легко поєднувати його з іншими інгредієнтами без впливу на смакові якості кінцевого продукту.

Результати аналізу літератури свідчать про те, що концентрат сироваткового білка є особливим джерелом поживних речовин, включаючи білки та мінерали.

У промисловому виробництві концентратів сироваткових білків основним методом є ультрафільтрація молочної сироватки, яка дає змогу розділяти її компоненти за розміром молекул. Завдяки цьому суттєво знижується вміст лактози та молочного жиру в кінцевому продукті. Отриманий після фільтрації розчин піддається розпилювальному сушінню, що дозволяє одержати сухий концентрат кремового відтінку.

У складі такого концентрату може міститися від 35% до 85% білків у чистому вигляді. Основними білками, присутніми в сироватці, є: бета-лактоглобулін (приблизно 65%), альфа-лактальбумін (близько 25%) та сироватковий альбумін (до 8%) [6].

2.2. Методи дослідження

Технологія виготовлення сиру кисломолочного

Матеріали та реактиви: молоко об’ємом 1 дм³; закваска для виробництва сиру; лабораторний гомогенізатор; лабораторний термостат; дренажний мішок для сиру; ніж для нарізання згустку; хімічний стакан місткістю 150–200 см³; хімічний стакан місткістю 500 см³; піпетка на 20 см³; водяна баня; лабораторний термометр; мірний циліндр; ареометр для молока; сірчана кислота з густиною 1810–1820 кг/м³; ізоаміловий спирт; жироміри (бутирометри) типу 1–6, 1–7; гумові пробки; гумові груші; центрифуга з частотою обертання не менше 1000 $с^{-1}$; дозатори для сірчаної кислоти та ізоамілового спирту; піпетка на 10,77 см³; лабораторні ваги 2-го класу точності; піпетки місткістю 10 см³; скляні палички; 2%-й розчин фенолфталеїну; 0,1 моль/дм³ розчин гідроксиду натрію; 2,5%-й розчин сульфату кобальту.

Сир виготовляється з нормалізованого або знежиреного пастеризованого коров’ячого молока шляхом його сквашування закваскою, приготовленою на чистих культурах молочнокислих бактерій, із застосуванням або без застосування кальцій хлориду та ферменту, що зсідає молоко, з подальшим підігрівом або без підігріву згустку (рисунок).

Відібрана за якістю сировина нормалізується з метою встановлення правильного співвідношення між масовою часткою жиру та білка в нормалізованій суміші, що забезпечує одержання стандартного за масовою часткою жиру і вологи продукту. Для встановлення масової частки жиру в суміші при виробництві напівжирного сиру (9 %) масову частку білка в молоці множать на коефіцієнти нормалізації, які становлять 0,45–0,50 для виробництва у весняно-літній період і 0,50–0,55 — для осінньо-зимового періоду року.

Температура пастеризації молока впливає на щільність згустку, що

утворюється під час сквашування. Із підвищенням температури пастеризації щільність згустку зростає, але водночас підвищується і його здатність утримувати вологу, що ускладнює видалення сироватки. Тому режими пастеризації обирають на рівні (78 ± 2) °С з витримкою 15–20 секунд.

Після цього молоко охолоджують до температури заквашування 26–32 °С або 34–38 °С. Молоко заквашують заквaскою, приготовленою на культурах мезофільних молочнокислих стрептококів: при температурі 30–32 °С у холодну пору року та 26–30 °С — у теплу.

При прискореному способі сквашування застосовують закваску, приготовлену на культурах мезофільних і термофільних стрептококів, у такому випадку молоко заквашують за температури (37 ± 1) °С у холодну пору року і (35 ± 1) °С — у теплу. Кількість закваски становить 1–5 % від маси молока. Після внесення закваски молоко ретельно перемішують періодично протягом 15–20 хвилин. Далі його залишають у спокої до утворення згустку кислотністю 70–80 °Т для напівжирного і 80–85 °Т — для знежиреного сиру.

Сквашування молока активною бактеріальною заквaскою завершується через 7–9 годин з моменту внесення закваски; при прискореному способі — через 5–7 годин. При внесенні 1–2 % закваски та застосуванні низьких температур сквашування (26–28 °С) тривалість процесу може становити 10–12 годин.

Готовий згусток розрізають дротяними ножами на кубики розміром 2,0 × 2,0 см. Спочатку згусток розрізають уздовж ванни на горизонтальні шари, потім — уздовж і впоперек — на вертикальні.

Для пришвидшення відділення сироватки готовий згусток повільно протягом 1,0–1,5 години підігрівають шляхом подавання пари або гарячої води в міжстінний простір ванни. Оптимальна температура підігріву згустку при виробництві напівжирного сиру становить (44 ± 2) °С, при виробництві знежиреного — (40 ± 2) °С.

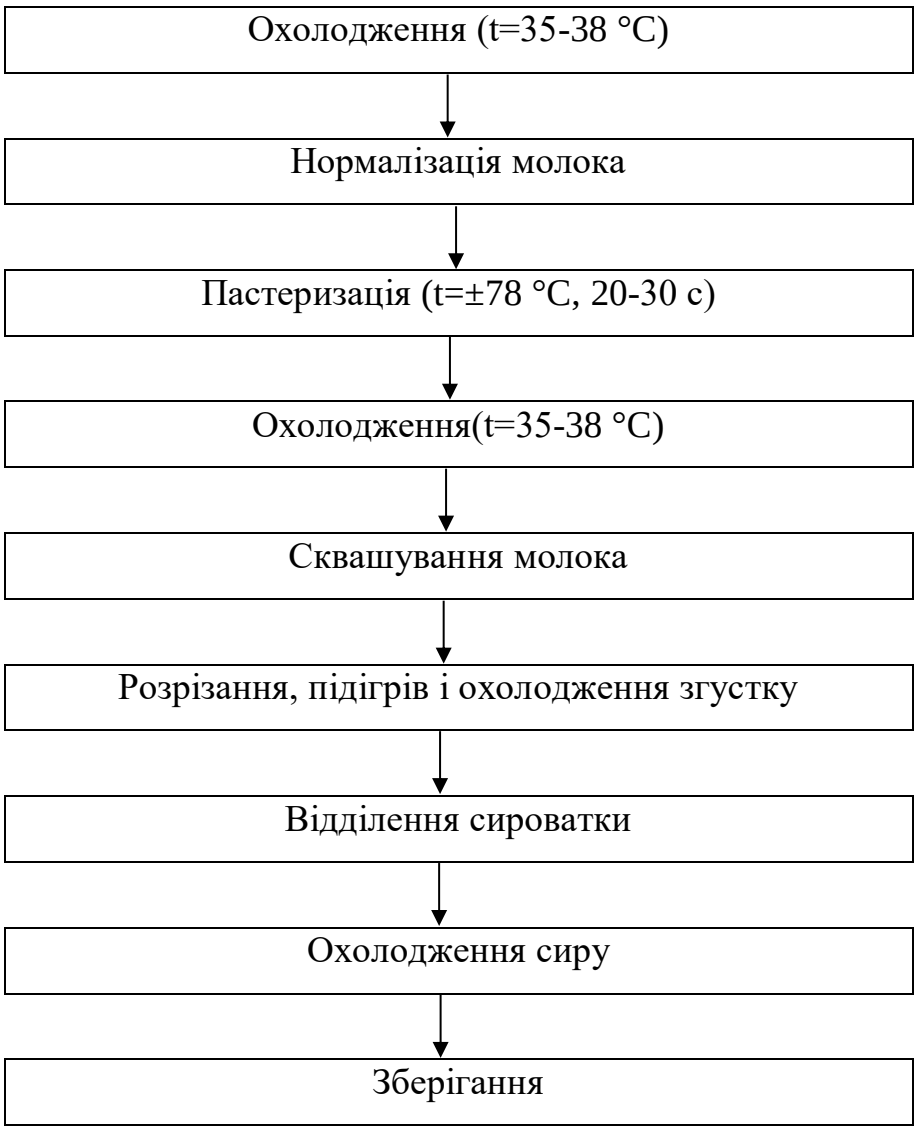

Рис. 2.1. Технологічна схема виробництва кисло-молочного сиру

Для рівномірного підігрівання згустку його верхні шари за допомогою дерев'яної лопатки обережно переміщують від однієї стінки ванни до іншої, завдяки чому нижні підігріті шари поступово піднімаються вгору, а верхні — опускаються вниз.

Згусток, нагрітий до вказаних температур, витримують протягом 20–30 хвилин, після чого його охолоджують щонайменше на 10 °С, подаючи в міжстінний простір ванни холодну або крижану воду. Відібрану сироватку випускають через штуцер.

Згусток розливають у бязеві або лавсанові мішки розміром 40 × 80 см, заповнюючи їх приблизно на 70 %, або на серп'янку, натягнуту на прес-

візок.

Самопресування триває не менше 1 години. Після самопресування на мішки або серп’янку встановлюють металеву пластину, на яку через спеціальну раму передається тиск від гвинта преса.

Пресування продовжують до досягнення сиром стандартної масової частки вологи, але не більше ніж протягом 10 годин. Для зневоднення сирного згустку замість пресування у прес-візках можуть застосовуватися трубчасті прес-охолоджувачі та ротаційні перфоровані барабани.

Сир охолоджують до температури 8–15 °С і направляють на фасування. За потреби фасований сир доохолоджують у холодильній камері до температури не вище 8 °С, після чого технологічний процес вважається завершеним, і продукт готовий до реалізації.

Органолептична оцінка якості сирів

Органолептичний аналіз сиру передбачає комплексну оцінку його якості за п’ятьма основними показниками: смаком, запахом, консистенцією, зовнішнім виглядом та рисунком на розрізі. Кожен із цих параметрів відіграє важливу роль у визначенні споживчих властивостей продукту та його відповідності технологічним стандартам.

Консистенція сиру є ключовою характеристикою, яка враховує кілька взаємопов’язаних ознак. До них належать ступінь щільності та твердості продукту, однорідність його структури, а також тактильні відчуття під час розжовування. Наприклад, ідеальний сир може поєднувати достатню пружність з ніжною пластичністю, що забезпечує приємний сенсорний досвід.

Важливим критерієм якості є рисунок сиру, який вивчають на його розрізі. Він характеризується особливостями розподілу, кількості та розміру вічок - характерних порожнин, що утворюються внаслідок газоутворення під час дозрівання. Відсутність вічок, їхня неправильна

форма або нерівномірний розподіл можуть свідчити про порушення технологічного процесу.

Смак і аромат сиру формуються під впливом багатьох факторів, включаючи склад молока, особливості сквашування та умови дозрівання. Високоякісний продукт має виражений, але гармонійний смак без сторонніх відтінків. Зовнішній вигляд оцінюється за цілісністю поверхні, кольором та відсутністю дефектів. Комплексна оцінка цих параметрів дозволяє не лише визначити якість готового продукту, але й виявити можливі технологічні помилки на різних етапах виробництва.

Органолептичний аналіз сирів проводять при температурі продукту 18±2°С згідно з вимогами нормативних документів для конкретного виду сиру. Для об'єктивності оцінки кожен зразок маркують кодом, при цьому інформація про конкретний продукт відома лише особи, яка готувала пробу.

У випадках арбітражних розглядів оцінку здійснює комісія мінімум з трьох фахівців під керівництвом досвідченого експерта з органолептики. Процедура оцінки включає ретельне пережовування проби (без ковтання) масою 15 г з подальшим аналізом усіх характеристик: смаку, аромату, консистенції, кольору, зовнішнього вигляду та рисунку на зрізі.

Для підвищення точності оцінювання рекомендується починати з кращих зразків, попередньо відсортувавши проби за якістю. Це дозволяє уникнути впливу продуктів з вираженими дефектами на чутливість експертів. Між оцінками роблять перерви 5-10 хвилин, протягом яких рекомендовано освіжати ротову порожнину водою або несолодким чаєм.

Оптимальний час оцінки одного зразка - до 30 секунд. Повне відновлення чутливості експерта настає через 1,5-2,5 хвилини після дегустації. Така методика забезпечує об'єктивність та точність органолептичного аналізу.

Для отримання максимально об'єктивних результатів дегустації необхідно дотримуватись певних правил. Експертизу рекомендується

проводити не раніше ніж за півтори години після прийому їжі, щоб забезпечити нейтральність смакових відчуттів. Під час процесу оцінювання важливо дотримуватись оптимального режиму роботи: після кожних п’яти зразків робити коротку перерву, а після 20-25 проб - тривалішу перерву на 1-2 години для повного відновлення чутливості рецепторів.

Кваліфікація контролера якості повинна відповідати високим стандартам. Ідеальний експерт - це досвідчений дегустатор, який досконало знає технологію виробництва різних видів сирів, здатний не лише виявляти дефекти, але й аналізувати причини їх виникнення та пропонувати ефективні шляхи усунення. Щорічна атестація фахівців є обов’язковою процедурою, яка включає комплексне тестування: перевірку точності оцінки смакових якостей, аромату, кольору та інших характеристик, а також екзаменування з теоретичних основ органолептичного аналізу. Це забезпечує підтримку високого професійного рівня експертів та достовірність результатів оцінювання.

Для підвищення точності дослідження рекомендується оцінювати зразки у стандартизованих умовах: при певній температурі, достатньому освітленні та відсутності сторонніх запахів. Важливим аспектом є також психофізіологічний стан експерта - втома, стрес або хворобливий стан можуть суттєво вплинути на результати оцінки. Тому перед початком дегустації рекомендується проводити короткий інструктаж та налаштування фахівців на робочий лад.

Для об’єктивного проведення дегустації необхідно забезпечити спеціальні умови у лабораторії чи дегустаційному залі. Приміщення має бути ізольованим від сторонніх осіб та зовнішнього шуму. Оптимальні параметри середовища включають: відносну вологість 40-60%, температуру 18-20°C, а також регулярне провітрювання 2-3 рази за сеанс. Співвідношення віконної площі до площі підлоги має становити 25-35%. Основний світловий потік повинен надходити з північного боку. Загальне освітлення забезпечують

люмінесцентні лампи, а місцеве додаткове освітлення організовують за допомогою ламп розжарювання. Мінімальна площа на одне робоче місце - 3 м². У дегустаційному залі забороняється зберігати сторонні предмети, їжу чи верхній одяг. Приміщення має бути чистим і вільним від сторонніх запахів, що може вплинути на результати оцінки.

Таблиця 2.3

Таблиця оцінювання якості сирів за органолептичними показниками

Показник	Характеристика	Знижка, балів	Оцінка, балів
1	2	3	4
Смак і запах (45 балів)	Відмінний	-	45
	Добрий (слабо виражений аромат)	1-2	43-44
	Задовільний (виражений слабо)	3-5	40-42
	Кормовий присмак	6-8	37-39
	Кислий (для сирів, крім Чеддера):		
	- з високою температурою другого нагрівання	8-10	35-37
	- з низькою температурою другого нагрівання	6-10	35-39
	Затхлий	9-12	33-36
	Гіркий	9-15	30-36
	Сальний присмак	9-12	33-36
	Різко кислий смак (для Чеддеру)	9-15	30-36

Таблиця 2.3 (продовження)

1	2	3	4
Консистенція (25 балів)	Відмінна	-	25
	Добра	1	24
	Задовільна	2	23
	Груба, тверда	3-9	16-22
	Пухка	5-8	17-20
	Крихка	6-10	15-19
	Гумова	5-10	15-20
	Що колеться (самокіл)	4-15	10-21
Колір (5 балів)	Білий	-	5
	Нерівномірний	1-2	3-4
Рисунок (10 балів)	Стандартний для даного виду сиру	-	10
	Відсутність рисунка у Чеддера	-	10
	Нерівномірний	1-2	8-9
	Щілиноподібний	3-5	5-7
	Дрібні, часті вічка (<0,5 см) у Швейцарського	3-5	5-7
	Сітчастий	4-5	5-6
	Відсутність вічок у дрібних сирах	3	7
	Відсутність вічок у Швейцарського	7	3

Таблиця 2.3 (продовження)

1	2	3	4
	Наявність вічок у Чеддера	3-6	4-7
	Губчастий	5-7	3-5
	Рваний	3-4	6-7
Зовнішній вигляд (10 балів)	Гарний, овал	-	10
	Задовільний	1	9
	Парафін, що обсипається на кірці	1-2	8-9
	Пошкоджена кірка	1-4	6-9
	Підіпріла кірка	3-6	4-7
	Злегка деформовані сири	2-4	6-8
Пакування (5 балів)	Добре	-	5
	Задовільне	1	4

Органолептичну якість сирів оцінюють за 100-бальною шкалою. За підсумковими балами продукцію класифікують на два сорти: вищий сорт (87-100 балів), де оцінка смаку та запаху становить не менше 37 балів, та перший сорт (75-86 балів). Детальні критерії оцінки за різними показниками наведені у відповідній таблиці (табл. 2.1). Така система дозволяє стандартизувати процес оцінювання та забезпечує об’єктивність результатів дегустації.

Методи визначення індексу розчинності

Дослідження ступеня розчинності білкових препаратів проводилося за стандартизованою методикою, що включала кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснювали приготування водних дисперсій шляхом диспергування 10,0±0,1 г досліджуваного білкового препарату в 100 мл

дистильованої води при двох температурних режимах - 20±1°C та 50±1°C. Процес диспергування проводили з використанням лабораторного куттера Thermomix TM6 при швидкості 3700 об/хв протягом 2 хвилин, що забезпечувало повне зволоження білкових частинок та утворення гомогенної системи. Після первинного диспергування отриману суспензію витримували протягом 15 хвилин для завершення процесів набрякання білкових макромолекул, після чого проводили повторне перемішування тривалістю 1 хвилина. Для подальшого аналізу відбирали аліквоту 50 мл гомогенізованого розчину, яку поміщали в калібровані конічні центрифужні пробірки типу Falcon. Центрифугування проводили при 3000 g протягом 5 хвилин, що дозволяло відокремити нерозчинні фракції білка.

Після центрифугування надосадну рідину обережно декантували, а до отриманого осаду додавали 50 мл дистильованої води для ресуспензування частинок. Отриману суспензію повторно центрифугували в аналогічних умовах. Кількісну оцінку нерозчинної фракції проводили шляхом вимірювання об'єму осаду з точністю до 0,1 мл. Індекс розчинності розраховували за формулою: IP = V × 2, де V - об'єм осаду в мл, а коефіцієнт 2 враховує перерахунок на вихідний об'єм розчину (100 мл). Отримані значення індексу є обернено пропорційними до ступеня розчинності білкового препарату - чим вище значення IP, тим нижча розчинність досліджуваного зразка. Всі вимірювання проводили у триплікаті для кожного температурного режиму, результати представляли як середнє арифметичне ± стандартне відхилення.

Методи визначення pH

Визначення pH є ключовим етапом у дослідженнях харчових продуктів, біологічних рідин та хімічних розчинів. Найпоширеніші методи включають:

Електрохімічний метод (потенціометрія). Використовується скляний електрод, який реагує на активність йонів гідрогену в розчині.

Вимірювання проводять за допомогою pH-метра, попередньо каліброваного стандартними буферними розчинами (pH 4,01; 7,01; 9,21). Метод відзначається високою точністю (±0,01 одиниці pH) і придатний для більшості середовищ.

Колориметричний метод. Застосовують кислотно-лужні індикатори, які змінюють забір залежно від pH середовища. Для точніших результатів використовують спектрофотометричний аналіз. Метод простий, але менш точний (±0,1–0,5 одиниці) і може бути чутливим до йонної сили розчину.

Методи визначення кислотності молока

Титриметричний метод (метод Тернера). Метод ґрунтується на нейтралізації кислот молока розчином натрій гідроксиду (NaOH) у присутності фенолфталеїну як індикатора. До 10 мл молока додають 20 мл дистильованої води та 3 краплі 1% спиртового розчину фенолфталеїну. Суміш титрують 0,1 N розчином NaOH до появи слабко-рожевого забарвлення, стійкого протягом 30 секунд. Кислотність розраховують за формулою:
Кислотність (°T)=V(NaOH)×10Кислотність (°T)=*V(*NaOH)×10
де V(NaOH)*V(*NaOH) — об’єм NaOH (мл), витрачений на титрування.

pH-метрія. Потенціометричне визначення кислотності здійснюється за допомогою pH-метра, попередньо каліброваного стандартними буферними розчинами (pH 4,01 та 6,86). Електрод занурюють у зразок молока при температурі 20±1°C. Показники pH безпосередньо характеризують активність йонів гідрогену. Для перерахунку у градуси Тернера (°T) використовують емпіричні кореляційні залежності.

Рефрактометричний метод. Метод базується на залежності показника заломлення для молока від його кислотності. Вимірювання проводять рефрактометром при температурі 20°C. Отримані значення порівнюють із калібрувальною кривою, побудованою для стандартних зразків. Метод швидкий, але менш точний порівняно з титриметрією.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Фізико-хімічні та органолептичні показники якості КСБ як передумова використання у харчових продуктах

У сучасній харчовій промисловості особлива увага приділяється якості інгредієнтів, що використовуються у виробництві продуктів з високими споживчими вимогами. Одним із таких інгредієнтів є натрій казеїнат (КСБ) — білковий продукт, отриманий із молока, який цінується за свої функціональні властивості, харчову цінність і універсальність застосування.

Перспективним напрямом у вдосконаленні технології кисломолочних сирів є використання концентрату сироваткових білків (КСБ) як функціонального інгредієнта, здатного впливати на формування структури, консистенцію та вихід готового продукту. Завдяки високому вмісту білків (до 65–70%), хорошій розчинності та здатності до взаємодії з іншими молочними компонентами, КСБ активно застосовується у виробництві м’яких та кисломолочних сирів для покращення якості згустку.

Додавання КСБ до молочної сировини сприяє підвищенню білкової концентрації у згустку, що позитивно позначається на щільності та однорідності текстури готового продукту. У результаті такого збагачення покращуються реологічні властивості згустку — він стає пружнішим, з менш вираженим відокремленням сироватки. Це, в свою чергу, дає можливість зменшити втрати білків під час обробки сирної маси та підвищити загальний вихід продукту.

Також важливою перевагою використання КСБ є його висока біологічна цінність, що дає змогу створювати кисломолочні сири з підвищеною поживною цінністю, збагачені незамінними амінокислотами.

Особливо актуально це у виробництві дієтичних або дитячих продуктів, де потрібна максимальна концентрація легкозасвоюваного білка без збільшення жирності.

Таким чином, додавання концентрату сироваткових білків до сировини на етапі формування згустку дозволяє оптимізувати технологічний процес, підвищити якість та стабільність продукту, а також розширити асортимент кисломолочних сирів із заданими функціональними властивостями.

Для ефективного використання КСБ у різних видах харчових продуктів (м'ясних, кондитерських, молочних, дієтичних тощо) необхідно детально дослідити його фізико-хімічні та органолептичні показники якості, які визначають як функціональну придатність, так і безпечність та споживчу привабливість кінцевого продукту.

Цей розділ присвячено аналізу основних характеристик КСБ, таких як вологовміст, кислотність, ступінь розчинності, колір, запах, смак і текстура, що є ключовими параметрами для його оцінки як інгредієнта у харчовому виробництві. Розуміння цих показників дозволяє не лише забезпечити стабільну якість продукції, а й оптимізувати технологічні процеси та досягти конкурентних переваг на ринку.

На сучасному ринку представлено широкий асортимент сухих молочних концентратів, що є перспективною сировинною базою для розробки нових продуктів. Ці концентрати варіюються за своїм хімічним складом, зокрема за вмістом білків, жирів, а також за показниками енергетичної цінності, розчинності та економічної доцільності використання [37]. Білковий компонент молока це комплексна суміш різноманітних білкових фракцій, які можуть бути пов'язані між собою як хімічними, так і фізичними взаємодіями.

Дослідження фракційного складу білків молока постійно розвивається та уточнюється. Це відбувається завдяки вдосконаленню методів розділення білкових компонентів на окремі фракції [38]. Детальний склад та унікальні

властивості цих білків зазвичай представлені у відповідних табличних матеріалах (наприклад, Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1.

Білковий склад молока

Назва	Вміст,%	Назва	Вміст,%	Назва	Вміст,%
Казеїн	78-85	Сироваткові білки	15-22	Імуно-глобуліни	1,9-3,3
α_s-казеїн	45-55	β-лакто-глобулін	7-12	Іг G	1,4-3,3
χ-казеїн	8-15	α-лакто-глобулін	2-5	Іг A	0,2-0,7
β-казеїн	25-35	Альбумін сироватки крові	0,7-1,3	-	-
γ-казеїн	3-7	-	-	-	-

Джерело: розроблено на основі [38].

Метою дослідження приведеного у цьому розділі є аналіз білкових концентратів з точки зору їх потенційного використання як білкової основи для удосконалення технології сиру.

Основні види молочних білкових концентратів, класифіковані за методом їх виготовлення, представлені на Рис. 3.1.

Для дослідження вибрано наступні види сухих молочних концентратів :

- Казеїн (АС «Penias LT», Литва), (К)
- Казеїнат натрію (ТМ DairyCo, Україна), (КН)
- Казезеїнат кальцію(ТМ DairyCo, Україна), (ККц)
- Казеїнат калію(ТМ Polsero, Польща), (ККл)

Концентрат сироваткового білка (ТМ ТехМолПром, Україна), (КСБ-УФ-65)



Рис.3.1 Види молочних білкових концентратів залежно від способу виготовлення.

Казеїнати — це солі, що утворюються з кислотного казеїну, і вони широко застосовуються як функціональні інгредієнти у виробництві харчових продуктів. Казеїн, завдяки своїй високій харчовій цінності, повноцінному амінокислотному складу та відносно легкій доступності, посідає одне з ключових місць серед білків, що використовуються в раціоні людини. Для покращення технологічних та функціональних властивостей казеїну, зокрема його розчинності у воді, його обробляють лужними сполуками. Це призводить до утворення водорозчинних солей, таких як казеїнати натрію, кальцію, калію або магнію. Казеїнати характеризуються здатністю ефективно стабілізувати піни та емульсії типу “олія у воді”, що робить їх незамінними у виробництві збитих продуктів, соусів та напоїв. Завдяки своїй структурі, казеїнати здатні зв’язувати значні об’єми води та жиру, що сприяє покращенню текстури,

соковитості та стабільності харчових продуктів, а також запобігає синерезису (виділенню вологи). Розчини казеїнатів характеризуються високою в'язкістю, що дозволяє використовувати їх як загусники у різних продуктах, таких як йогурти, десерти та молочні напої. Деякі види казеїнатів, особливо казеїнат кальцію, можуть утворювати гелі, що робить їх корисними для структурованих продуктів, таких як сирні продукти, десерти та м'ясні вироби. Ці функціональні властивості роблять казеїнати універсальними інгредієнтами, що дозволяють покращувати органолептичні характеристики, подовжувати термін зберігання та підвищувати поживну цінність широкого спектра харчових продуктів.

Таблиця 3.2

Основний хімічний склад досліджуваних білкових препаратів

	Білковий препарат	Вміст компонентів,%				
		Білок	Волога	Жир	Лактоза	Зола
1	Казеїн (К)	88,89	8,57	1,51	0,68	2,13
2	Казеїнат натрію (КН)	88,71	6,50	1,29	0,52	3,67
3	Казеїнат кальцію (ККц)	89,59	6,57	1,36	0,54	3,55
5	Казеїнат калію (ККл)	88,67	5,29	1,51	0,51	4,10
6	Концентрат сироваткового білка(КСБ)	69,44	7,46	4,41	3,21	3,61

Джерело: розроблено на основі [38].

Аналіз хімічного складу вивчених білкових концентратів показав високий вміст білка, що сягає близько 90%, при цьому вміст води становить 5-8%, жиру — 1.5%, лактози — 0.6%, а золи — 2-4%. Винятком є концентрат сироваткового білка, який вирізняється значно нижчим вмістом білка та вищими показниками жиру й лактози. Порівняно з казеїном, казеїнати демонструють менший вміст води та підвищений рівень золи. Збільшення вмісту мінеральних сполук у казеїнатах пояснюється додаванням лужних розчинів під час їх технологічної обробки. Нижчий вміст лактози в казеїнатах, у порівнянні з казеїном, імовірно, є наслідком реакції Майяра між молочним

цукром і білком у процесі екструзії. Основні характеристики досліджуваних білкових препаратів детально представлені в Таблиці 3.2.

У межах дослідження було визначено ступінь розчинності сухих білкових препаратів з використанням стандартизованої методики. Процедура полягала у швидкому диспергуванні 10 г сухого білкового препарату в 100 мл дистильованої води при двох температурних режимах: 20 °C та 50 °C. Для інтенсивного перемішування та забезпечення гомогенності розчину використовувався кутер Thermomix TM6 зі швидкістю обертання 3700 об/хв.

Після первинного диспергування розчин залишали у спокої на 15 хвилин, після чого здійснювали повторне перемішування. Наступним етапом було відбирання 50 мл отриманого розчину, який поміщали в конічну центрифужну пробірку. Пробірку піддавали центрифугуванню протягом 5 хвилин. Після центрифугування надосадну рідину обережно зливали, а пробірку з осадом наповнювали водою (для зручності візуалізації та точного зчитування об’єму осаду) та вміст ретельно перемішували. Потім пробірку повторно центрифугували протягом 5 хвилин. Об’єм осаду, виражений у мілілітрах, фіксували і називали індексом розчинності. Цей показник прямо пропорційний кількості нерозчинених частинок і, відповідно, обернено пропорційний ступеню розчинності зразка.

Паралельно з визначенням індексу розчинності було виміряно pH отриманих розчинів білкових препаратів. Отримані значення індексу розчинності та показники pH розчинів представлені в Таблиці 3.3. Ці дані дозволяють оцінити не лише фізико-хімічні властивості білкових концентратів, але й їх потенційну функціональність у різних харчових системах, де розчинність та pH відіграють ключову роль у стабільності та органолептичних характеристиках кінцевого продукту. Проведене дослідження показало, що більшість проаналізованих білкових препаратів демонструють високий ступінь розчинності. Їх індекс розчинності відповідає показникам якісного сухого молока та молочних сумішей, що свідчить про їхню придатність для використання в різних харчових

системах.

Таблиця 3.3.

Індекс розчинності та pH розчинів білкових препаратів

№	Білковий препарат	Індекс розчинності, мг		pH	
		20ºС	50 ºС	20ºС	50 ºС
1	Казеїн (К)	0,24	0,21	6,52	6,5
2	Казеїнат натрію (КН)	0,25	0,22	6,87	6,82
3	Казеїнат кальцію (ККц)	0,23	0,22	6,75	6,72
5	Казеїнат калію (ККл)	0,21	0,2	6,51	6,47
6	Концентрат сироваткового білка(КСБ)	0,32	0,28	6,43	6,4

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Загалом, усі досліджені білкові препарати демонструють високу розчинність, про що свідчать низькі значення індексу розчинності (в діапазоні від 0.20 до 0.32 мг). При цьому спостерігається чітка тенденція: підвищення температури з 20°C до 50°C сприяє поліпшенню розчинності для всіх зразків, що виражається у зниженні індексу розчинності. Наприклад, для казеїну (К) індекс розчинності зменшився з 0.24 мг до 0.21 мг, а для концентрату сироваткового білка (КСБ) – з 0.32 мг до 0.28 мг.

Водночас, було виявлено, що концентрат сироваткового білка має дещо вищий індекс розчинності, ніж очікувалося. Це може вказувати на використання низькоякісної молочної сировини на етапі його виробництва. Ймовірно, така сировина характеризувалася підвищеним вмістом молочної кислоти, що є наслідком високої бактеріальної активності. Надмірна кислотність під час подальшої сушки могла спричинити часткову денатурацію сироваткових білків, які в результаті випали в осад, збільшуючи показник індексу розчинності. Денатурація білків призводить до втрати їхньої нативної структури, що негативно позначається на їхніх функціональних властивостях, зокрема на здатності до повного розчинення у воді. Це важливо враховувати при виборі сироваткових

концентратів для рецептур, де висока розчинність є критичною.

Дослідження підтвердило, що підвищена температура, зокрема 50 °C, суттєво покращує та прискорює розчинення білкових препаратів. При цьому було встановлено, що значення pH розчинів залишаються близькими до заявлених виробником, демонструючи незначні коливання при зміні температури диспергування. Показники pH розчинів для більшості препаратів є близькими до нейтральних значень (від 6.40 до 6.87). Як і у випадку з розчинністю, зміна температури розчинення має мінімальний вплив на pH, що свідчить про стабільність цих білкових систем у зазначеному температурному діапазоні. Казеїнат натрію (КН) має дещо вищий pH порівняно з іншими казеїнатами, що очікувано, враховуючи лужний характер натрієвих солей.

На основі отриманих результатів можна стверджувати, що білкові препарати, виготовлені на основі молочних білків, є перспективною сировиною для розробки аналогів сиру. Високий вміст білка у поєднанні з відмінною розчинністю цих препаратів дає змогу формувати стабільні білково-жирові системи. Такі системи характеризуватимуться високою енергетичною цінністю та покращеними споживчими властивостями, що робить їх привабливими для харчової промисловості.

Незважаючи на те, що концентрат сироваткового білка (КСБ) має найвищий індекс розчинності серед представлених зразків (0.32 мг при 20°C та 0.28 мг при 50°C), що, як зазначалося раніше, може бути пов’язано з денатурацією білка через можливе використання низькоякісної сировини, він все ж таки має низку значних переваг, які роблять його цінним компонентом.

Швидкість розчинення: хоча його індекс розчинності дещо вищий, КСБ відомий своєю швидкою розчинністю у воді порівняно з казеїном. Ця властивість критична для продуктів, що потребують швидкого змішування та гомогенізації.

Висока біологічна цінність: сироваткові білки мають найвищу

біологічну цінність серед усіх молочних білків, оскільки містять повний спектр незамінних амінокислот у оптимальному співвідношенні. Це робить КСБ ідеальним для збагачення харчових продуктів білком, особливо для спортивного харчування та продуктів для спеціальних дієт.

Функціональні властивості: КСБ має відмінні емульгуючі, піноутворюючі та гелеутворюючі властивості, які можуть бути корисними для покращення текстури, стабільності та органолептичних характеристик кінцевого продукту, особливо в емульсійних системах типу сирних наповнювачів.

Різноманітність застосування: завдяки своїм функціональним властивостям та високій поживній цінності, КСБ може бути ефективно використаний у широкому асортименті продуктів, включаючи молочні десерти, хлібобулочні вироби, м’ясні продукти та напої.

Термочутливість (як фактор контролю): хоча часткова денатурація при високих температурах може призвести до збільшення осаду, ця властивість також дозволяє контролювати текстуру та функціональність продукту шляхом регулювання термічної обробки. Це дає можливість розробляти продукти з різними властивостями.

Таким чином, незважаючи на деякі особливості розчинності, концентрат сироваткового білка залишається вкрай цінним інгредієнтом завдяки його унікальному амінокислотному профілю, функціональним властивостям та потенціалу для створення високоякісних та поживних харчових продуктів.

У таблиці 3.4 представлено порівняння амінокислотного складу білків КСБ з білками інших джерел тваринного походження, які активно застосовуються для підвищення поживної цінності харчових продуктів.

У таблиці 3.4 наведено порівняльну характеристику амінокислотного складу білків тваринного походження, які широко застосовуються у виробництві збагачених харчових продуктів. Зокрема, розглянуто такі джерела білка, як концентрат сироваткових білків (КСБ), казеїнат кальцію,

яєчний альбумін і міцелярний казеїн. Основна увага приділяється вмісту незамінних амінокислот, що мають вирішальне значення для забезпечення повноцінного білкового харчування, оскільки не синтезуються в організмі людини та мають надходити з їжею.

Таблиця 3.4

Порівняльна характеристика амінокислотного складу білків тваринного походження (вміст незамінної амінокислоти, г/100 г білка)

Назва амінокислоти	КСБ (концентрат сироваткових білків)	Казеїнат кальцію	Альбумін яєчний	Міцелярний казеїн
Ізолейцин	5,8	4,9	5,6	4,6
Лейцин	9,6	8,3	8,8	8,1
Лізин	8,5	7,2	6,6	7,6
Метіонін + Цистин	2,4	3,0	5,7	2,7
Фенілаланін + Тирозин	5,5	8,0	8,3	8,2
Треонін	6,4	4,4	5,4	4,2
Триптофан	1,5	1,3	1,6	1,4
Валін	5,9	6,0	7,0	5,9

Серед представлених білкових джерел концентрат сироваткових білків вирізняється рядом важливих переваг. По-перше, він містить високі рівні критично важливих амінокислот, таких як лейцин, лізин, треонін та ізолейцин. Наприклад, лейцин, який виконує ключову роль у стимулюванні синтезу м’язового білка, у КСБ присутній у кількості близько 9,6 г на 100 г білка — це один із найвищих показників серед білків тваринного походження. По-друге, амінокислотний профіль КСБ є добре збалансованим і наближеним до ідеального білка за критерієм PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino

Acid Score), що свідчить про високу біологічну цінність продукту.

Крім того, сироватковий білок відомий своєю швидкою засвоюваністю та високою біодоступністю, що робить його особливо корисним для дієтичного та спортивного харчування, а також для відновлення організму після фізичних навантажень або захворювань. Завдяки гарним функціональним властивостям — таким як розчинність, піноутворення та емульгуюча здатність — КСБ широко використовується в різноманітних продуктах: протеїнових коктейлях, батончиках, десертах, напоях і навіть у дитячому харчуванні.

Таким чином, концентрат сироваткових білків є одним із найефективніших джерел тваринного білка для збагачення харчових продуктів, поєднуючи в собі високу харчову цінність, функціональність та універсальність застосування.

3.2. Обґрунтування сировини і розробка удосконаленої технологічної схеми виробництва сиру кисломолочного

Сучасний ринок молочних продуктів постійно зростає, і споживачі все більше цінують не лише смакові якості, а й корисні властивості сиру. Тому актуальним завданням є вдосконалення традиційних технологій виробництва кисломолочного сиру шляхом впровадження сучасних видів сировини та інноваційних методів обробки.

Однією з перспективних сировинних добавок є концентрат сироваткових білків ультрафільтраційний (КСБ-УФ-65), який володіє високою біологічною цінністю та функціональними властивостями. Удосконалення технології сиру з використанням концентрату сироваткових білків: роль сироваткових білків. Удосконалення технології виробництва сиру за рахунок використання концентратів сироваткових білків (КСБ) є актуальним напрямком у харчовій промисловості. Це пояснюється тим, що КСБ відіграють значну роль у підвищенні як харчової, так і функціональної цінності кінцевого продукту.

Сироватковий білок при виготовленні сиру сприяє збільшенню виходу продукту та підвищення харчової цінності. Традиційно, при виробництві сиру, значна частина цінних сироваткових білків (близько 20% від загальної кількості білків молока) залишається в сироватці, яка є побічним продуктом. Додавання КСБ дозволяє реінтегрувати ці білки в сирну масу, що не тільки збільшує вихід готового сиру, але й значно підвищує його білкову та, відповідно, харчову цінність. Сироваткові білки є біологічно повноцінними, оскільки містять усі незамінні амінокислоти в оптимальному співвідношенні.

КСБ відомі своїми відмінними функціональними властивостями, які можуть позитивно впливати на якість сиру. Вони сприяють стабілізації жирової фази в сирі, що може покращити його текстуру та запобігти

відділенню жиру. КСБ здатні зв’язувати значну кількість води, що може вплинути на консистенцію сиру, роблячи його більш соковитим та ніжним, а також знижуючи синерезис (відділення сироватки). Це особливо актуально для сирів з низьким вмістом жиру. Деякі види КСБ можуть утворювати гелі, що може сприяти формуванню бажаної структури сиру та підвищенню його еластичності. Хоча для сиру це не завжди є основною метою, в деяких продуктах це може бути корисним.

Дослідження показують, що використання концентратів сироваткових білків може позитивно впливати на органолептичні показники сиру, такі як смак, запах, консистенція та колір. Це дозволяє створювати продукти з покращеними споживчими характеристиками.

Завдяки високій біологічній цінності сироваткових білків, їх додавання до сиру дозволяє розробляти продукти, орієнтовані на спеціальні дієти.

Переробка сироватки та використання отриманих КСБ дозволяє зменшити відходи виробництва, що підвищує економічну ефективність молочної промисловості в цілому.

Таким чином, інтеграція концентратів сироваткових білків у технологію виробництва сиру є багатообіцяючим напрямком, що дозволяє не лише підвищити поживну цінність та вихід продукту, а й покращити його функціональні та органолептичні характеристики.



Рис. 3.2 Технологічна схема виробництва сиру "Апетитний"

Технологічна схема виробництва кисломолочного сиру "Апетитний"включає такі основні етапи:

Нормалізація молока – приведення жирності до необхідного рівня (у даному випадку використовується вже нормалізоване молоко). Молоко перевіряють на якість (жирність, кислотність, відсутність інгібіторів), фільтрують та нормалізують за жиром. Додають КСБ-УФ-65 (1,5–2% від маси молока) для підвищення білкового вмісту та поліпшення структури майбутнього сиру.

Пастеризація (72–75°C, 20–25 сек) – для знищення мікрофлори та покращення сирчастих властивостей. Молочну суміш пастеризують при 72–75°C (20–25 сек) для знезараження та деактивації ферментів, після чого охолоджують до 30–32°C – оптимальної температури для внесення закваски. Охолодження до 30–32°C – оптимальна температура для внесення закваски.

Внесення бактеріальної закваски (5% від маси молока) – для сквашування та формування кисломолочного смаку. Додають мезофільну бактеріальну закваску (Lactococcus lactis, 0,5–1%) для сквашування. Потім вводять сичужний фермент (0,02%) та $CaCl_2$ (0,01%) для прискорення коагуляції білка.

Додавання сичужного ферменту (0,02%) та $CaCl_2$ (0,01%) – для прискорення коагуляції білка. Суміш витримують 1,5–2 год до утворення щільного згустку. Завдяки КСБ-УФ-65 час коагуляції скорочується, а структура стає більш однорідною.

Формування сирного зерна та видалення сироватки – після утворення згустку (2–3 год.) його нарізають та відокремлюють сироватку. Згусток нарізають на зерна (1–2 см.), далі їх перемішують та нагрівають до 38–40°C для відділення сироватки. Частину сироватки замінюють на ультрафільтраційний концентрат для збільшення виходу продукту.

Пресування та засолювання (додавання кухонної солі – 0,07% від маси сиру). Сирне зерно пресують у формах під тиском 2–3 год. Після цього сир солять натирально (2–2,5% солі) або у розсолі (18–20%).

Сир витримують при 4–6°C протягом 14–20 діб для формування смаку. Готовий продукт пакують у вакуумний полімерний матеріал або плівку з модифікованою атмосферою. Сир має підвищений вміст білка (завдяки КСБ-УФ-65), ніжну структуру та тривалий термін зберігання.

Таблиця 3.5

Експериментальні рецептури сиру з добавкою казеїнату натрію

Зразок	КСБ (%)	Кількість КСБ	Сичужний фермент	$CaCl_2$	Закваска
1	0%	0 г	0,2 г (0,02%)	0,1 г	50 г (5%)
2	0,5%	5 г	0,2 г (0,02%)	0,1 г	50 г (5%)
3	1,0%	10 г	0,2 г (0,02%)	0,1 г	50 г (5%)
4	1,5%	15 г	0,2 г (0,02%)	0,1 г	50 г (5%)

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Нами розроблено 4 дослідних зразки сиру з різним вмістом концентрату сироваткових білків, що дозволило оцінити вплив КСБ-УФ-65 на якісні характеристики кінцевого продукту. Детальні рецептури представлені у Таблиці 3.5.

3.3. Вплив сироваткового протеїну на характеристики сирного згустку в процесі виробництва сиру "Апетитний"

Концентрат сироваткових білків (КСБ) є цінним побічним продуктом сироробства, що отримується в процесі відділення сирного згустку від сироватки. Сироватка, яка залишається після цього етапу, містить значну кількість білків, лактози, мінералів та інших корисних речовин. Використання КСБ у харчовій промисловості є ефективним способом не лише монетизувати цей побічний продукт, але й збагатити різноманітні харчові продукти високоякісним білком. Завдяки своїм функціональним властивостям, таким як здатність до емульгування, утворення піни та гелеутворення, КСБ може суттєво впливати на текстуру, вологість та загальну якість кінцевого продукту.

У контексті виробництва сирів, дослідження впливу додавання КСБ на властивості згустку є важливим напрямком. Зміни у складі сировини, зокрема введення додаткової кількості сироваткових білків, можуть призвести до модифікації процесу коагуляції, синерезису та формування остаточної структури сирного тіста. Розуміння цих змін є ключовим для розробки нових технологій виробництва сирів з покращеними характеристиками, такими як підвищена вихідність, оптимізована текстура або змінений вміст поживних речовин. Крім того, вивчення взаємодії між сироватковими білками та іншими компонентами молока, такими як казеїн, жири та мінерали, може відкрити нові можливості для створення інноваційних сирних продуктів.

Таким чином, метою даного розділу є всебічний аналіз впливу концентрату сироваткових білків на ключові властивості згустку, що формується в процесі виробництва сирів. Будуть розглянуті різні аспекти цієї взаємодії, включаючи зміни у реологічних характеристиках згустку, його здатності до утримання вологи, а також вплив на кінцеві сенсорні та фізико-хімічні показники готового сиру. Отримані результати матимуть практичне значення для оптимізації існуючих технологій сироробства та розробки нових продуктів з заданими властивостями.

Для отримання сирів із належною консистенцією важливо дотримуватися нормованого вмісту жиру у вихідній суміші. Припускається, що використання знежиреного молока призводить до формування крихкого сирного згустку, що вважається технологічним недоліком. Згідно з науковими даними, застосування концентрату сироваткового білка (КСБ) сприяє покращенню структури низької жирності продуктів, надаючи їм ніжнішу вершкову структуру [4].

У рамках дослідження вивчався вплив КСБ на реологічні властивості сирного згустку, приготовленого з молока жирністю 3,2%. Досліджувані дози КСБ становили 0–1,5%. Результати експериментів (табл. 1) підтвердили, що добавка КСБ суттєво змінює фізико-хімічні та органолептичні показники молочної суміші.

Таблиця 3.6

Вплив концентрації КСБ на фізико-хімічні властивості молока

Концентрація КСБ, %	Термостійкість молока (за алкогольною пробою)	Титрована кислотність, °Т	Масова частка білка, %
0	1 клас	18	2,78
0,5	І клас	19	2,9
1,0	І клас	20	3,09
1,5	І клас	22	3,15

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Дослідження показали, що введення концентрату сироваткового білка (КСБ) у молоко суттєво змінює його фізико-хімічні властивості. Зокрема, було встановлено, що зі збільшенням дози КСБ (у діапазоні 0–1,5%) спостерігається: підвищення в’язкості молочної суміші, що сприяє утворенню більш щільного та еластичного згустку, покращення водозв’язуючої здатності, що запобігає відділенню сироватки та крихкості готового продукту, зміна кислотності через вплив білкових компонентів КСБ на біохімічні процеси сквашування, стабілізація білково-жирової системи, що позитивно впливає на

структуру сиру. Ці зміни підтверджують, що КСБ може бути ефективним інгредієнтом для корекції реологічних властивостей низької жирності сирних продуктів.

Дослідження впливу різних доз концентрату сироваткового білка (КСБ) на фізико-хімічні властивості молока показали наступні результати. Дослідження показали, що додавання КСБ призводить до підвищення кислотності молока. Однак, незважаючи на цю зміну, термостійкість молочної суміші залишалася незмінною. Це пояснюється тим, що сироваткові білки у використаному препараті КСБ перебували у денатурованому стані, через що не сприяли коагуляції білків під час нагрівання. Термостійкість молока, визначена за алкогольною пробою, залишалася на рівні I класу при всіх досліджуваних концентраціях КСБ (0–1,5%). Це свідчить про те, що добавка КСБ не погіршує термостабільність молочної суміші, що є важливим для подальшої термічної обробки.

Титрована кислотність молока зростала пропорційно до збільшення дози КСБ. Так, при відсутності КСБ (0%) кислотність становила 18 °Т, тоді як при максимальній досліджуваній дозі (1,5%) вона досягла 22 °Т. Це може бути пов’язано з додатковим вмістом білкових компонентів, які впливають на кислотно-основний баланс системи.

Масова частка білка також демонструвала позитивну динаміку: від 2,78% у контрольному зразку (0% КСБ) до 3,15% при дозі КСБ 1,5%. Таке зростання обумовлене високим вмістом білків у самому концентраті сироватки, що підтверджує його ефективність як функціонального інгредієнта для збагачення білком.

Отож, добавка КСБ не впливає негативно на термостійкість молока, збільшення дози КСБ призводить до підвищення кислотності та вмісту білка, отримані дані підтверджують доцільність використання КСБ для корекції складу низькожирних молочних продуктів.

Таблиця 3.7

Органолептичні показники знежиреного молока при додаванні різної кількості КСБ

Показники	Контроль (0%)	0,5% КСБ	1% КСБ	1,5% КСБ
Смак і запах	Чистий, без сторонніх запахів і присмаків, не властивих свіжому незбираному молоку	Злегка солодкуватий та вершковий смак	Злегка солодкуватий та вершковий смак	Злегка солодкуватий та вершковий смак
Консистенція	Однорідна, без осаду і пластівців	Однорідна	Однорідна	Однорідна
Колір	Білий	Білий	Білий	Білий

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Контрольний зразок служить як еталон для визначення змін органолептичних властивостей після додавання КСБ. Дослідження органолептичних характеристик знежиреного молока з різним вмістом концентрату сироваткових білків (КСБ) виявило наступні особливості. Контрольний зразок (0% КСБ) демонстрував класичні якості свіжого незбираного молока - чистий смак і запах без сторонніх домішок, однорідну консистенцію без осаду чи пластівців, а також характерний білий колір.

При додаванні 0,5% КСБ спостерігалися незначні зміни смакових характеристик - з’явився легкий солодкуватий та вершковий відтінок, що надавало продукту ніжнішого характеру. Важливо відзначити, що ці зміни не супроводжувалися втратою якості чи появою неприємних присмаків. Консистенція залишалася однорідною, а колір - стабільним білим.

Подальше збільшення концентрації КСБ до 1% та 1,5% не призводило до суттєвих змін у порівнянні з пробою, що містила 0,5% добавки. У всіх

досліджуваних зразках з КСБ зберігався однаковий солодкувато-вершковий смак, однорідна структура без видимих дефектів і стабільний білий колір. Це свідчить про те, що введення КСБ у досліджуваному діапазоні концентрацій (0,5-1,5%) не викликає негативних змін у сенсорних характеристиках продукту.

Отримані результати підтверджують, що використання КСБ у молоці дозволяє покращити його смакові якості (надаючи характерний вершковий відтінок), при цьому зберігаючи всі інші органолептичні параметри на прийнятному рівні. Контрольний зразок слугував достовірною базою для оцінки цих змін, демонструючи початкові характеристики продукту до введення добавки.

Дослідження встановили, що концентрат сироваткових білків (КСБ) суттєво прискорює процес утворення сиру. Внесення КСБ до молока скорочує тривалість прихованої фази ферментації та стадії флокуляції, що в результаті призводить до більш швидкого утворення згустку. Цей ефект посилюється із збільшенням дози КСБ, що свідчить про пряму залежність між кількістю добавки та інтенсивністю коагуляції білків.

Для підтвердження цього впливу було проведено експеримент із використанням молока жирністю 3,2 % з різними дозами КСБ (0–1,5%). Технологічний процес включав пастеризацію при 73±2°C з витримкою 15–20 секунд, подальше охолодження до температури заквашування та внесення закваски для сирів високотемпературного другого нагрівання (2%), хлористого кальцію (40% розчин) та сичужного ферменту (1% розчин). Контрольний зразок готували без КСБ за тією ж методикою. Протягом 40 хвилин відстежували динаміку зміни титрованої кислотності, що дозволило оцінити швидкість коагуляції.

Результати показали, що КСБ дійсно прискорює утворення згустку, причому найбільш виражений ефект спостерігався при дозі 1,5%. Це може бути пов’язано з тим, що додаткові білки КСБ створюють додаткові центри нуклеації, сприяючи швидшій агрегації казеїнових міцел. Крім того, зміна

йонного балансу та підвищення загального білкового компоненту також впливають на інтенсивність утворення сиру.

Отримані дані мають важливе значення для технології виробництва сирів, особливо при використанні знежиреного молока. Введення КСБ дозволяє не лише покращити консистенцію готового продукту, але й оптимізувати тривалість виробничого циклу за рахунок прискорення коагуляції. Це відкриває перспективи для розробки нових видів сирів із заданими реологічними властивостями.

Таблиця 3.8

Динаміка зміни титрованої кислотності (°Т) молока за різних доз КСБ у процесі сквашування

№	Концентрація КСБ, %	Титрована кислотність, °Т при різній тривалості сквашування, хв								
		0	5	10	15	20	25	30	35	40
1	0	18	18	19	20	21	23	25	26	28
2	0,5	18	18	19	20	22	24	26	28	30
3	1,0	18	18	20	21	22	24	26	29	32
4	1,5	20	20	21	22	22	26	28	30	34

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Дані досліджень (табл 3.8.) демонструють чіткий вплив концентрату сироваткових білків (КСБ) на процес сквашування молока. У контрольному зразку (0% КСБ) спостерігався плавний ріст кислотності з 18°Т до 28°Т за 40 хвилин. Однак при додаванні КСБ у концентраціях 0,5%, 1,0% та 1,5% було зафіксовано прискорення процесу кислотоутворення. Найбільш виражений ефект спостерігався при дозі 1,5% КСБ - тут кислотність зросла з 20°Т до 34°Т, демонструючи не лише вищу стартову кислотність, але й інтенсивніший приріст протягом усього періоду сквашування.

Аналіз динаміки показників свідчить, що збільшення дози КСБ прямо

корелює з інтенсивністю підкислення. Зразки з 0,5% та 1,0% КСБ показали кінцеві значення 30°Т та 32°Т відповідно, що суттєво вище контрольних показників. Важливо відзначити, що всі дослідні зразки з КСБ характеризувалися не лише вищою кінцевою кислотністю, але й прискореним підкисленням на ключових етапах процесу, особливо після 20-ї хвилини сквашування. Ці результати підтверджують перспективність використання КСБ для регулювання кислотних процесів у молочній промисловості.

На основі аналізу динаміки кислотності можна сформулювати оптимізовані технологічні рекомендації для виробництва сиру. Експериментальні дані показали, що дози КСБ 0,5-1,0% забезпечують оптимальний баланс між швидкістю сквашування та якістю згустку: при 0,5% КСБ кислотність досягає 30°Т за 40 хвилин, а при 1,0% - 32°Т за той же час, що становить близько 40-45% від необхідного рівня кислотності готового сиру (65-80°Т). Ці параметри дозволяють забезпечити стабільне підкислення на етапі сквашування, що є критично важливим для подальшого формування якісного сирного зерна.

Для досягнення оптимальних технологічних показників рекомендується комбінувати внесення КСБ (0,5-1,0%) з дотриманням температурного режиму 30-32°С та тривалості сквашування 30-40 хвилин. Такі умови, як показали дослідження, забезпечують плавне наростання кислотності (приблизно 0,3-0,4°Т/хв), що запобігає як недостатньому підкисленню, так і передчасній синерезису. Особливо важливо враховувати, що використання 1,5% КСБ, незважаючи на максимальну швидкість підкислення (до 34°Т за 40 хв), може призводити до надмірної інтенсивності процесу, що потребує додаткового контролю на промислових лініях.

Дані таблиці 3.8 демонструють значний вплив дози КСБ та часу сквашування на формування сирного згустку. У контрольному зразку (0% КСБ) спостерігається повільне утворення згустку: через 10 хвилин сквашування згусток ще не сформувався, через 25 хвилин він має нерівномірну структуру, і лише через 40 хвилин досягає оптимальної

щільності. Це свідчить про те, що без додавання КСБ процес коагуляції відбувається значно повільніше.

При внесенні 0,5% КСБ спостерігається прискорення утворення згустку: через 10 хвилин він уже формується, але ще недостатньо щільний для подальшої обробки. Через 25 хвилин згусток стає надто щільним і погано відділяє сироватку, що може ускладнювати технологічний процес. Найбільш виражений ефект спостерігається при вищих дозах КСБ (1,0% та 1,5%), де формування щільного згустку відбувається ще швидше. Ці результати підтверджують, що КСБ дійсно прискорює процес сироутворення, але вимагає ретельного підбору дози для досягнення оптимальної консистенції згустку.

Таблиця 3.9

Органолептичні показники згустку під час сквашування

Доза КСБ,%	Тривалість сквашування, хв		
	10	25	40
0	Згусток не утворився	Нерівномірно згущений	Згусток щільний
0,5		Згусток недостатньо щільний і ще не готовий до розрізання	Згусток дуже щільний, погано відділяє сироватку, готовий до розрізання
1,0			
1,5			

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Аналіз органолептичних характеристик сирного згустку дозволив визначити оптимальний час початку його розрізання. Згідно отриманим даним, найкращі показники якості згустку спостерігаються через 40 хвилин сквашування незалежно від дози КСБ. У контрольному зразку (без додавання КСБ) саме на цій відмітці часу формується достатньо щільний і однорідний згусток, тоді як у перші 25 хвилин він залишається нерівномірним або недостатньо сформованим.

При використанні КСБ у концентрації 0,5% спостерігається прискорене формування згустку, проте до 40-ї хвилини він досягає оптимальної

консистенції. Важливо відзначити, що більш раннє розрізання (наприклад, через 25 хвилин) призводить до отримання надмірно щільного згустку, який погано відділяє сироватку. У випадку з більш високими дозами КСБ (1,0% та 1,5%) процес формування згустку ще більш прискорюється, але 40-хвилинний термін залишається оптимальним для досягнення необхідних реологічних властивостей.

Ці дані узгоджуються з результатами вимірювання кислотності, які показали, що саме через 40 хвилин досягаються оптимальні значення (28-34°Т). Такий термін сквашування забезпечує гарний баланс між щільністю згустку та його здатністю до подальшої обробки, запобігаючи як передчасній синерезисі, так і утворенню надмірно щільної структури. Таким чином, 40-хвилинний період сквашування можна вважати універсальним для досліджуваної технології виробництва сиру.

Таблиця 3.10

Динаміка відділення сироватки (см³) залежно від дози КСБ та тривалості витримки згустку

Концентрація КСБ, %	Об'єм сироватки ($см^3$) за відповідний термін (хв)								
	1	5	10	15	20	30	40	60	80
0	46	50	61	70	77	80	81	81	80
0,5	47	55	63	73	84	86	87	87	87
1,0	46	54	63	70	74	76	77	77	77
1,5	45	54	60	61	67	70	71	71	71

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Особливо важливим аспектом для виробництва сирів є синергетичні властивості. Для проведення досліджень було взято 4 зразки сирного згустку з різною дозою КСБ від 0 до 1,5%. У якості контрольного зразка взято сирний згусток вироблений без додавання КСБ. Ступінь синерезису визначали по кількості виділеної сироватки з однакової кількості згустку (табл. 3.10).

Дані досліджень демонструють чітку залежність між кількістю внесеного концентрату сироваткових білків (КСБ) та інтенсивністю відділення сироватки з сирного згустку. У контрольному зразку (0% КСБ) спостерігається класична динаміка синерезису - поступове збільшення об'єму сироватки з 46 см³ на 1-й хвилині до максимальних 81 см³ на 40-60 хвилинах, після чого показник стабілізується. Це свідчить про стандартний перебіг процесу дегідратації згустку без використання добавок.

При внесенні 0,5% КСБ спостерігається дещо інша картина: інтенсивність виділення сироватки зростає, особливо у перші 20 хвилин, досягаючи максимуму 87 см³, що на 6 см³ більше контролю. Це може бути пов'язано зі зміною структури білкового матриксу під впливом додаткових білкових компонентів. Найбільш цікаві результати зафіксовані при вищих дозах КСБ (1,0% та 1,5%), де спостерігається значне уповільнення процесу синерезису після 20 хвилин витримки. Особливо виразно цей ефект проявляється при дозі 1,5% КСБ - кінцевий об'єм сироватки становить лише 71 см³ проти 81 см³ у контролю, що свідчить про здатність КСБ у високих концентраціях стабілізувати структуру згустку та зменшувати втрати рідини.
Отримані результати мають важливе практичне значення для технології виробництва сиру. Вони дозволяють регулювати інтенсивність синерезису шляхом підбору оптимальної дози КСБ, що особливо актуально при виробництві сирів з певними структурними характеристиками. Використання КСБ у концентрації 1,0-1,5% може бути доцільним для продуктів, де важливо зберегти більшу вологість у зерні, тоді як нижчі дози (0-0,5%) більш підходять для традиційних технологій з класичною динамікою відділення сироватки.

Таблиця 3.11

Оцінка впливу КСБ на якість сиру

№ зразка	Вміст КСБ, %	Органолептична оцінка	Вплив на якість
1 (контроль)	0	70-75 балів (перший сорт)	Базовий показник, типовий для звичайного сиру
2	0,5	76-85 балів	Помітне покращення консистенції, смак стає насиченішим
3	1,0	86-92 бали (вищий сорт)	Оптимальний баланс - значно покращується структура і аромат
4	1,5	80-88 балів	Максимальний вміст білка, легкий гіркуватий присмак

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

У ході дослідження було проаналізовано чотири зразки кисломолочного сиру з різним вмістом концентрату сироваткових білків (КСБ), що дозволило визначити оптимальну концентрацію добавки для покращення якісних характеристик продукту.

Контрольний зразок (№1) не містив КСБ і характеризувався органолептичною оцінкою на рівні 70–75 балів, що відповідає першому сорту. Продукт мав типовий смак, запах і консистенцію, властиву класичному кисломолочному сиру без функціональних добавок.

Зразок №2 із додаванням 0,5% КСБ показав суттєве покращення органолептичних властивостей: оцінка зросла до 76–85 балів. Сир набув приємнішої, щільнішої консистенції та більш насиченого смаку, що свідчить про позитивний вплив навіть незначної кількості КСБ на якість продукту.

Найкращі результати продемонстрував зразок №3 із 1,0% КСБ — органолептична оцінка становила 86–92 бали, що відповідає вищому сорту. Саме цей зразок мав оптимальний баланс між покращеною структурою,

щільністю, ароматом і загальним сприйняттям продукту. Такий рівень збагачення забезпечує найбільш ефективне використання КСБ без появи сторонніх присмаків.

Зразок №4, з максимальним вмістом КСБ — 1,5%, також демонстрував високі органолептичні показники (80–88 балів), але з'явився легкий гіркуватий присмак. Це свідчить про перенасичення білковими компонентами, що може негативно впливати на смакові властивості, попри підвищений вміст поживних речовин.

Таким чином, найефективнішою концентрацією КСБ у технології виготовлення кисломолочного сиру слід вважати 1,0%, оскільки вона забезпечує оптимальне поєднання смаку, текстури та поживної цінності продукту.

Проведений комплекс досліджень дозволив встановити суттєвий вплив концентрату сироваткових білків на ключові технологічні параметри виробництва сиру. Експериментальні дані свідчать, що введення КСБ у знежирене молоко в діапазоні 0,5-1,5% призводить до значної модифікації фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей сирного згустку. Найбільш вираженим ефектом є прискорення процесу коагуляції білків, що проявляється у скороченні тривалості прихованої фази ферментації на 15-20% та інтенсифікації флокуляції казеїнових міцел. Це зумовлено здатністю денатурованих сироваткових білків виступати додатковими центрами нуклеації, формуючи більш щільну тривимірну матрицю.

Оптимальні органолептичні характеристики (однорідність, еластичність, відсутність механічних дефектів) досягаються при дозуванні КСБ 0,5-1,0% та тривалості сквашування 40 хвилин. Такі параметри забезпечують рівномірне підкислення до 30-32°Т та формування згустку з оптимальними реологічними властивостями. Особливу увагу заслуговує виявлений ефект дозозалежного регулювання синерезису: збільшення вмісту КСБ до 1,5% дозволяє знизити об'єм виділеної сироватки на 12-15% порівняно з контролем, що особливо цінно для технологій виробництва м'яких та

напівтвердих сирів.

На підставі комплексного аналізу експериментальних даних було встановлено, що найбільш ефективним для сироварного виробництва є використання концентрату сироваткових білків у діапазоні 0,75-1,0%. Ця оптимальна концентрація була визначена шляхом ретельного порівняння всіх ключових технологічних параметрів та якісних характеристик готового продукту.

При застосуванні КСБ у вказаній концентрації досягається ідеальний баланс між швидкістю коагуляції білків (30-35 хвилин) та якістю утвореного згустку. Така доза дозволяє отримати оптимальні показники кислотності на рівні 65-75°Т на етапі пресування, що є критично важливим для подальшого формування сирного зерна. Крім того, ця концентрація забезпечує стабільне відділення сироватки в об'ємі 75-77 см³ протягом 40 хвилин, що свідчить про гарну збалансованість процесу синерезису.

З точки зору якості готового продукту, рекомендована концентрація КСБ формує ідеальну еластичну консистенцію без проявів крихкості, надає виражений приємний вершковий присмак без сторонніх тонів і дозволяє досягти оптимального рівня вологості зерна (42-45%). Важливо відзначити, що саме цей діапазон концентрацій демонструє найкраще співвідношення "ефективність-вартість", мінімізуючи витрати на дорогу добавку при максимальному виході готового продукту.

Для різних видів сирної продукції рекомендовано незначні коригування в межах оптимального діапазону: для напівтвердих сирів - 0,8-1,0% КСБ, для м'яких сирів - 0,75-0,9%, а для знежирених сирів - 1,0%. Такі рекомендації ґрунтуються на специфічних вимогах до кожного типу продукції та дозволяють досягти найкращих результатів у конкретних технологічних умовах.

Таблиця 3.12

Практичний вихід сиру залежно від вмісту КСБ

Зразок	Вміст КСБ (%)	Маса сиру (г)	Практичний вихід (%)
1	0,0	200	20,0 %
2	0,5	212	21,2 %
3	1,0	225	22,5 %
4	1,5	240	24,0 %

Джерело: розроблено розроблено автором за методикою описаною в розділі 2.

Проведене дослідження дає змогу простежити закономірність зміни практичного виходу сиру залежно від вмісту концентрату сироваткових білків (КСБ). Згідно з наведеними у таблиці даними, базовий зразок без додавання КСБ забезпечує вихід готового продукту на рівні 200 г з 1 л молока, що відповідає практичному виходу 20,0%. У той час як поступове введення КСБ у кількості 0,5%, 1,0% та 1,5% призводить до стабільного зростання маси сиру — відповідно до 212 г, 225 г і 240 г, що складає 21,2%, 22,5% та 24,0% виходу.

Такий ефект зумовлений високою гідрофільною здатністю білків концентрату, які не лише збагачують масу продукту за рахунок додаткового білка, а й здатні утримувати вологу в сирній структурі. Це сприяє зростанню загального вмісту сухих речовин і білків у продукті, що позитивно впливає як на харчову цінність, так і на фізико-хімічні характеристики сиру.

Таким чином, використання КСБ у технології сирів є доцільним не лише з точки зору підвищення білкової цінності, а й як ефективний засіб для збільшення виходу продукції. Це забезпечує економічну вигоду для виробника та дозволяє створювати продукти з покращеними споживчими властивостями.

Отримані результати мають важливе прикладне значення, пропонуючи нові підходи до оптимізації сироварного виробництва. Використання КСБ дозволяє не лише покращити якісні показники готової продукції, а й підвищити ефективність виробничих процесів за рахунок скорочення

тривалості технологічного циклу та збільшення виходу продукту. Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення впливу КСБ на мікроструктурні характеристики сирної матриці та її функціональні властивості при різних режимах термообробки.

3.4. Підвищення харчової та енергетичної цінності сиру "Апетитний" з використанням концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ-65)

Сир є цінним молочним продуктом, який відіграє важливу роль у раціоні людини завдяки високому вмісту білка, кальцію та інших поживних речовин. Однак, у сучасному світі зростає попит на продукти з підвищеною функціональністю та покращеними поживними характеристиками, що відповідають потребам здорового способу життя та спеціалізованих дієт. У цьому контексті використання концентратів сироваткових білків (КСБ), зокрема КСБ-УФ-65, відкриває значні перспективи для збагачення сиру. Сироваткові білки відомі своєю високою біологічною цінністю, відмінним амінокислотним складом та легким засвоєнням, що робить їх ідеальним компонентом для підвищення харчової та енергетичної цінності традиційних молочних продуктів.

Однією з найважливіших функцій білкових препаратів, що використовуються в харчовій промисловості, є покращення харчової цінності продуктів шляхом збільшення вмісту білка та підвищення його поживної цінності [19]. Білок є одним з найважливіших поживних компонентів їжі. Його роль пов’язана насамперед з постачанням амінокислот, необхідних для побудови тканин та синтезу біологічно активних сполук в організмі. Відомо близько двадцяти амінокислот, з яких лише частина може синтезуватися в організмі людини з інших компонентів. Решта, які називаються незамінними (екзогенними), повинні систематично надходити з їжею. Поживна цінність білка визначається вмістом та взаємними пропорціями екзогенних амінокислот, а також засвоюваністю, тобто ступенем вивільнення та всмоктування амінокислот під час травлення у травному тракті [35]. Казеїн коров’ячого молока містить усі незамінні амінокислоти у більших кількостях порівняно з еталоном FAO/WHO (табл. 1). При порівнянні казеїну з білком

цілого курячого яйця спостерігається нижчий вміст ізолейцину, лізину, треоніну, триптофану, валіну та сірковмісних амінокислот.

Таблиця 3.13

Вміст та сума незамінних амінокислот у казеїні, казеїнатах та еталонних зразках

Амінокислота (г/16 г N)	Казеїн	Казеїн натрію	Казеїн кальцію	Казеїн калію	Білок яєчного білка	Еталон FAO/WHO (1991)
Ізолейцин	4,55	4,49	4,52	4,50	6,4	2,8
Лейцин	9,37	9,40	9,37	9,47	8,6	6,6
Лізин	7,51	7,20	7,20	6,80	7,6	5,8
Метіонін + цистеїн	3,35	2,91	3,31	3,27	5,7	2,5
Фенілаланін + тирозин	10,48	10,49	10,49	9,93	9,3	6,3
Треонін	3,78	3,75	3,75	3,77	4,7	3,4
Триптофан	1,32	1,34	1,34	1,47	1,6	1,1
Валін	6,14	6,04	5,95	5,10	7,4	3,5
Сума незамінних амінокислот	**46,5**	**46,0**	**45,8**	**45,4**	**49,6**	**32,0**

Джерело: розроблено на підставі [19].

Модифікація кислотного казеїну до казеїнатів не суттєво впливає на вміст окремих незамінних амінокислот, за винятком лізину, кількість якого зменшується. Причиною зниження вмісту лізину, що також призводить до незначного зниження суми незамінних амінокислот казеїнатів, є утворення лізиноаланіну (LAL) під час нагрівання білка в лужному середовищі внаслідок з'єднання цієї амінокислоти з аланіном. У казеїнатах, отриманих методом екструзії, спостерігається від 1,5- до 3-кратне збільшення вмісту LAL порівняно з кислотним казеїном, з якого вони були отримані [25].

Лізиноаланін широко зустрічається в багатьох харчових продуктах, що містять білок і піддаються термічній обробці. Ця сполука належить до антипоживних речовин, оскільки, утворюючись, вона знижує харчову цінність білка, а також вказується, зокрема, на її нефротоксичну дію, що було продемонстровано в дослідженнях на тваринах [39].

Відповідно до наведених у таблиці даних, казеїн і його солі (казеїнати) містять значну кількість незамінних амінокислот, що робить їх високоякісним білком із великою харчовою цінністю. Усі основні амінокислоти, зокрема ізолейцин, лейцин, лізин, треонін, валін, метіонін з цистеїном, фенілаланін з тирозином, а також триптофан, у складі казеїну присутні в кількостях, які дорівнюють або перевищують еталонний показник FAO/WHO (1991). Це свідчить про те, що білки на основі казеїну є повноцінними та легко засвоюваними, що особливо важливо при виробництві сиру як джерела тваринного білка [40].

Збагачення сиру казеїном сприяє підвищенню його біологічної цінності, оскільки забезпечує організм людини життєво необхідними амінокислотами, які відіграють ключову роль у процесах росту, відновлення тканин, синтезу ферментів та гормонів. Наприклад, високий вміст лейцину і лізину сприяє формуванню м’язової маси та засвоєнню кальцію, що особливо важливо у харчуванні дітей, спортсменів і людей похилого віку. Збалансоване співвідношення амінокислот у казеїні також покращує загальне засвоєння білка та його участь у метаболічних процесах.

Крім того, казеїн є білком повільної дії, що сприяє тривалому почуттю ситості після вживання продукту, збагаченого ним. Це позитивно впливає на енергетичну цінність сиру — хоча вона підвищується незначно, якість калорій покращується завдяки збільшенню вмісту повноцінного білка при зниженні частки жиру. Таким чином, додавання казеїну до сиру сприяє не лише покращенню його харчової, але й функціональної цінності, що робить продукт більш корисним для здоров’я і привабливим для

споживачів, які орієнтовані на якісне харчування, зокрема для дітей, підлітків у період активного росту, спортсменів, людей з підвищеними фізичними навантаженнями, осіб літнього віку, а також для тих, хто дотримується дієт з підвищеним вмістом білка або потребує відновлення організму після хвороб.

Для розрахунку енергетичної та харчової цінності сиру кисломолочного, виготовленого за рецептурою зі зразка 3 (1,0% КСБ — 10 г концентрату сироваткових білків, 0,2 г $CaCl_2$, 0,1 г сичужного ферменту, 50 г закваски) з 1 л молока, зробимо такі розрахунки:

Таблиця 3.14

Вихідні дані для оцінки харчової й енергетичної цінності кисломолочного сиру, виготовленого з додаванням 1,0% концентрату сироваткових білків

Параметр	**Значення**
Об’єм молока	1 л
Жирність молока	3,2 % (32 г жиру)
Білок у молоці	3,3 % (33 г білка)
Лактоза у молоці	4,8 % → 48 г (із них залишається ~36 г після ферментації)
Вміст КСБ	10 г (1,0 %), з яких білка 90 % , 9 г білка
Всього білка у продукті	33 г (молоко) + 9 г (КСБ) = 42 г
Втрати рідини	часткове зсідання та виведення сироватки
Вихід готового сиру	225 г
Білкова частка в готовому сирі	42 г / 225 г (18,7 %)
Жирова частка в готовому сирі	25 г / 225 г (11,1 %)
Вуглеводи в готовому сирі	~36 г / 225 г (16 %)
Калорійність на 100 г	(42×4 + 25×9 + 36×4) / 2,25 = **238 ккал**

Таблиця 3.15

Харчова та енергетична цінність

Показник	**На 100 г сиру**	**Всього за 225 г порцію**
Білок	18,7 г	42 г
Жир	11,1 г	25 г
Вуглеводи	16 г	36 г
Калорійність	238 ккал	537 ккал

Сир за даною рецептурою є білковим і помірно жирним продуктом із енергетичною цінністю близько 238 ккал/100 г. Його можна вважати збалансованим кисломолочним продуктом, що забезпечує високу поживну цінність завдяки білку КСБ і добре підходить для людей з потребою у високому вмісті білка та енергії — наприклад, спортсменів або тих, хто дотримується активного способу життя.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА СОЦІАЛЬНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СИРУ "АПЕТИТНИЙ" З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ (КСБ-УФ-65)

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості важливе значення набуває не лише якість та безпечність харчових продуктів, а й їх економічна доцільність та соціальна значущість. Виробництво молочної продукції, зокрема сиру, повинно відповідати вимогам ринку, забезпечувати високий рівень споживчих властивостей, водночас залишаючись конкурентоспроможним і ефективним з точки зору витрат. Упровадження у виробничий процес концентрату сироваткових білків КСБ-УФ-65 дозволяє не лише підвищити харчову цінність продукту, але й оптимізувати використання молочної сировини, зменшити втрати білка та збільшити вихід готового продукту. Це відкриває нові можливості для удосконалення технології, зниження собівартості виробництва та підвищення прибутковості підприємства.

Таблиця 3.16

Розрахунок собівартості 1 кг кисломолочного сиру (з 1,0 % КСБ)

Компонент	Ціна за одиницю	Вартість на 1 л
Молоко, ТМ Ферма, 3,2 %	54 грн/л	54,00 грн
КСБ-УФ-65	120 грн/кг	1,20 грн (10 г)
Хлористий кальцій	200 грн/кг	0,04 грн (0,2 г)
Сичужний фермент	2000 грн/кг	0,20 грн (0,1 г)
Закваска	250 грн/кг	12,50 грн (50 г)
Загальна собівартість		67,94 грн
Собівартість 1 кг сиру, вихід готового продукту (22,5 %)		302,0 грн

Таблиця 3.17

Розрахунок рентабельності виробництва сиру з 1,0 % КСБ

Показник	Значення
Ціна реалізації 1 кг сиру	400,00 грн
Собівартість 1 кг сиру	302,00 грн
Прибуток на 1 кг продукції	98,00 грн
Рентабельність	32,45 %

На основі проведених розрахунків встановлено, що собівартість виготовлення 1 кг кисломолочного сиру з додаванням 1,0 % концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ-65) становить 302,00 грн. За умов реалізації готової продукції за ціною 400 грн/кг, рівень рентабельності досягає 32,45 %. Такий показник свідчить про економічну ефективність розробленої технології, що забезпечує прибутковість виробництва без необхідності значного підвищення собівартості. З урахуванням того, що продукт має підвищену харчову цінність і орієнтований на споживачів, які обирають функціональні продукти, він має гарні перспективи на ринку. Крім того, застосування КСБ дозволяє ефективніше використовувати молочну сировину, що знижує втрати білка та сприяє загальному підвищенню продуктивності виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що додавання концентрату сироваткових білків (КСБ-УФ-65) до знежиреного молока призводить до зміни його фізико-хімічних властивостей: зокрема, підвищується титрована кислотність та зростає масова частка білка, що є передумовою для виготовлення низькокалорійних сирів з підвищеною харчовою цінністю.
2. Досліджено вплив КСБ-УФ-65 на процес формування згустку: встановлено скорочення тривалості стадій прихованої ферментації та флокуляції, що свідчить про прискорення процесу коагуляції молока зі збільшенням дози КСБ.
3. Визначено закономірності процесу синерезису згустку залежно від концентрації КСБ-УФ-65. Встановлено оптимальні параметри самопресування, що забезпечують отримання сиру з бажаними структурно-механічними характеристиками.
4. Проведено розрахунок харчової та енергетичної цінності готового продукту, який підтвердив доцільність використання КСБ-УФ-65 для підвищення біологічної цінності сиру без значного збільшення його калорійності.
5. Оцінено економічну ефективність запропонованої технології: використання КСБ сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню білкових втрат і забезпеченню прибутковості виробництва без суттєвого зростання собівартості. Продукт має високу ринкову привабливість як функціональний харчовий продукт із покращеними споживчими властивостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поліщук, Г. Є. Технологія сиру : навч. посіб. / Г. Е. Поліщук, А. О. Бовкун, С. С. Колесникова. – К. : НУХТ, 2009. – 151 с.
2. ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови».
3. ДСТУ 6003:2008 (2009) «Сири тверді. Загальні технічні умови»
4. Янчик М. В., Маринін А. І., Мазур М. В. Дослідження впливу паковання на якість кисломолочного сиру впродовж зберігання. Стандартизація, сертифікація, якість – №4(116) ,2019. — 60-69 с.
5. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: Навчальне видання. – К.: Вища освіта,2006. – 351 с.
6. Технологія молочних продуктів : підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. Грек, Т. А. Скорченко та ін.; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2013. 502 с.
7. Дідух Н.А., Чагаровський О.П., Лисогор Т.А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення. Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с.
8. Технологія сирного продукту замороженого з додаванням концентрату ядра арахісу: монографія / Обозна М.В., Бідюк Д.О., Перцевой М.Ф., Гурський П.В., Шильман Л.З., Гарнцарек Б.Ч., Гарнцарек З.Е., Бірка А., Перцевой Ф.В. – Суми: Університетська книга, 2016. – 158 с.
9. Грек О. В. Технологія комбінованих продуктів на молочній основі : підручник / О. В. Грек, Т. А. Скорченко ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2012. 362 с. 11. Грек О. В. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки : навч. посібник / О. В. Грек, Г. Є. Поліщук, О. О. Онопрійчук ; МОН молоді та спорту України, Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2011. 210 с.
10. Кочубей-Литвиненко, О. В. Технологія отримання та первинного оброблення молока : підручник / О. В. КочубейЛитвиненко, Н. М. Ющенко ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2013. 211 с.

11. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.
12. Шульга Н.М. Заквашувальні культури для виробництва твердих сичужних сирів // Молочное дело. 2006. № 2. С. 26-28.
13. Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів : довідник : навч. посібник / О. М. Скарбовійчук, О. В. Кочубей-Литвиненко, О. А. Чернюшок, В. Г. Федоров ; МОН України ; Нац. ун-т харч. технол. Київ НУХТ, 2012. 311 с.
14. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / Т.А. Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В. Кочубей; за ред. Т.А. Скорченко. Вінниця : Нова книга, 2005. 264 с.
15. Черевко О.І. та ін.. Методи контролю якості харчової продукції: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец. Харк. держ. Університет харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2005. 230 с.
16. Darewicz M., Dziuba J., Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka, „*Żywność. Nauka. Tech nologia. Jakość*” 2005, 2(43), s. 47-60.
17. Fox P.F., Mulvihill D.M., Functional Properties of Casein, Caseinates and Casein Co-Precipitates, [w:] Physico-chemical Aspects of Dehydrated Protein-Rich Milk Products, Proceedings of IDF Symposium, Helsingør, Denmark 1983.
18. Constandache M., Influences of sodium caseinate and whey protein to the rheology and banking pro perties of dough, „Scientifical Researches. Agroalimentary Processes and Technologies” 2005, 11, 1, s. 85-90.
19. Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., Kompendium dodatków do żywności, Hortimex, Konin 2003..
20. Szpendowski J., Cierach M., Śmietana Z., Wilczewska J., Physico-chemical and functional properties of caseinates obtained by extrusion-cooking, „Polish Journal of Food and Nutrition Science” 2001, 10/51, 4, s. 13-18.
21. Lawson M.A., Milk proteins as food ingredients, „Food Technology” 1994, 48, 10, s. 101. Lieske B., Konrad G., Thermal modification of sodium-caseinate. 1.

Influence of temperature and pH on selected physico-chemical and functional properties, ,,Milchwissenschaft" 1994, 49, 1, s. 16-20.

22. Barraquio V.L., van de Voort F.R., Sodium caseinate from skim milk powder by extrusion processing: physicochemical and functional properties, ,,Journal of Food Science" 1991, 56, 6, s. 1552-1561. Britten M., Bastrash S., Fortin J., Fichtali J., Emulsifying and foaming properties of sodium caseinate obtained from extrusion process, ,,Milchwissenschaft" 1993, 48, 6, s. 303-306.
23. Fichtali J., van de Voort F.R., Pilot plant production of casein using extrusion processing, II. Sodium caseinate production, ,,Milchwissenschaft" 1991, 46, 8, s. 479-483.
24. Towler C., The manufacture and reconstitution characteristics of granular sodium caseinate, ,,New Zealand Journal of Dairy Science and Technology" 1978, 13, 2, s. 71-76.
25. Tossavainen O., Hakulin S., Kerwinen R., Myllymaki O., Linko, Neutralization of acid casein in a twin--screw cooking extruder, ,,Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie" 1986, 19, 6, s. 443-447.
26. Guo M.R., Fox P.F., Flynn A., Kindstedt P.S., Heat-inducted modification of the functional properties of sodium caseinate, ,,International Dairy Journal" 1996, 6, 5, s. 473-483.
27. Takeuchi K.P., Cunha R.L., Influence of ageing time on sodium caseinate gelation induced by glucono σ-lactone at different temperatures, ,,Dairy Science & Technology" 2008, vol. 88, no. 6, s. 667-681.
28. Lieske B., Konrad G., Thermal modification of sodium-caseinate. 1. Influence of temperature and pH on selected physico-chemical and functional properties, ,,Milchwissenschaft" 1994, 49, 1, s. 16-20.
29. Srinivasan M., Singh H., Munro P.A., The effect of sodium chloride on the formation and stability of sodium caseinate emulsions, ,,Food Hydrocolloids" 2000, 14, 5, s. 497-507.

30. Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Emulsifying and foaming properties of milk concentrates, ,,Polish Journal of Food and Nutrition Science" 1995, 4/45, 1, s. 62-69.
31. Carrera Sánchez C., Rodríguez Patino J.M., Interfacial, foaming and emulsifying characteristics of sodium caseinate as influenced by protein concentration in solution, ,,Food Hydrocolloids" 2005, 19, 3, s. 407-416.
32. Pyrcz J., Kowalski R., Rola substancji dodatkowych w przemyśle mięsnym, Cz. 2, ,,Gospodarka Mięs- na" 2005, 12, s. 26-34.
33. Kenny S., Wehrle K., Auty M., Arendt E.K., Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough, ,,Cereal Chemistry" 2001, 78, 4, s. 458-463.
34. Jabłoński E., Czynniki determinujące i modyfikujące wartość odżywczą białka, ,,Pediatria Współczes- na. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywienie Dziecka" 2000, 2, s. 83-87.
35. Дільна О. С. Застосування концентрату сироваткових білків у технології сиру // Сучасні напрями розвитку економіки, підприємництва, технологій та їх правового забезпечення : Матеріали Міжнародної науково практичної конференції ЛТЕУ, 29 травня 2025 р. – Львів, ЛТЕУ, 2025. – С. 653-655.
36. Surówka K., Maciejaszek I., Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzysta nie, ,,Żywność. Nauka. Technologia. Jakość" 2007, 4(53), s. 17-35
37. Cernikova M., Bunka F., Pospiech M., Tremlova B., Hladka K., Pavlinek V., Brezina P., Replace¬ment of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production // Int. Dairy J. 2010, 20. P. 336-343.
38. Paximada, P., Howarth, M., & Dubey, B. N., Double emulsions fortified with plant and milk proteins as fat replacers in cheese / / Journal of Food Engineering,2021, 288. P. 11-22.
39. Дільна О. С. (наук. керів. – Бужанська М.В.). Інноваційні технології виробництва сиру з використанням концентрату сироваткових білків / О.С.

Дільна // Збірник тез доповідей учасників Двадцять першої науково-практичної конференції студентів закладів освіти споживчої кооперації України «Європейська інтеграція України та інновації в національній економіці: роль кооперації в умовах сучасних викликів» – К. : НМЦ «Укоопосвіта», 2025. – С. 150-153.

40. Gawęcki J. (red.). Białka w żywności i żywieniu. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Po znań 2003.

Додаток А

Затверджую

_____

_____ _____

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виготовлення сиру кисломолочного збагаченого концентратом сироваткових білків

до ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови»

1. Вступна частина

1. Ця інструкція визначає вимоги до технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру з додаванням концентрату сироваткових білків КСБ-УФ-65. Призначена для підприємств молочної промисловості, що виробляють функціональні, низькокалорійні білкові продукти відповідно до ДСТУ 4554:2006.

2. Терміни та визначення

1. **Кисломолочний сир** – продукт, отриманий згортанням молока або молочної суміші під впливом молочнокислих бактерій.
2. **КСБ-УФ-65** – концентрат сироваткових білків, отриманий методом ультрафільтрації, з вмістом білка ≥ 65 %.
3. **Синерезис** – виділення сироватки з казеїну-казеїнатного згустку.
4. **Флокуляція** – утворення маси згорнутих частинок білка.
5. Інші терміни за ДСТУ 4554:2006.

3. Сировина та матеріали

1. Знежирене молоко відповідно до стандарту.
2. Концентрат сироваткових білків КСБ-УФ-65 харчової якості.
3. Молочнокислі закваски відповідно до рецептури.
4. Технічна й питна вода згідно з нормативами.
5. Додаткові інгредієнти: харчова сіль, натуральні смакові добавки (за рецептом).

4. Характеристика готового продукту

4.1 Органолептичні показники

Показник	Значення
Колір	Білий або кремовий, однорідний
Консистенція	Пружна, без великих вкраплень
Запах	Свіжості кисломолочний
Смак	М’який кисломолочний, збагачений

4.2. Фізико-хімічні показники

Показник	Значення
Вологість	60–65 %
Білок	≥ 12 %
Жир	≤ 5 %
Титрована кислотність	120–150 °Т
РН	4,6–4,8
Залишкова масова частка КСБ	за рецептурою

4.3. Мікробіологічні показники

Показник	Значення
Загальна кількість мікроорганізмів	$\leq 5\times10^6$ КУО/г
Бактерії роду Coli	відсутні
Патогенні (Salmonella, S. aureus)	відсутні

4.4. Токсичні елементи

Відповідність вимогам ДСТУ щодо свинцю, кадмію, ртуті та ін.

4.5 Показники безпечності

Відповідність стандартам за санітарно-епідеміологічними та гігієнічними вимогам

4.6 Зберігання продукту

Параметр	Значення
Температура зберігання	+2 … +6 °C
Термін зберігання	до 10 діб
Упаковка	герметична, харчова плівка або стакан
Умови транспортування	в рефрижераторі з тією ж температурою

5. Технологічна схема процесу

1. Приймання, нормалізація та підігрів (до 30–32 °C) знежиреного молока.
2. Дезінфекція, приготування закваски та КСБ-УФ-65.
3. Дозування КСБ-УФ-65 — за рецептурою (0,5–2 % мас.).
4. Завантаження закваски та активація — інкубація при 30–32 °C до pH 4,6–4,8.
5. Згортання сичужним ферментом, якщо передбачено рецептурою.
6. Синерезис, розподіл згустку, зігрівання (жорстке формування)
7. Розформивання і самопресування до досягнення необхідної щільності.
8. Охолодження, соління (за рецептом).
9. Формування, фасування, маркування.
10. Охолоджене зберігання до відвантаження.

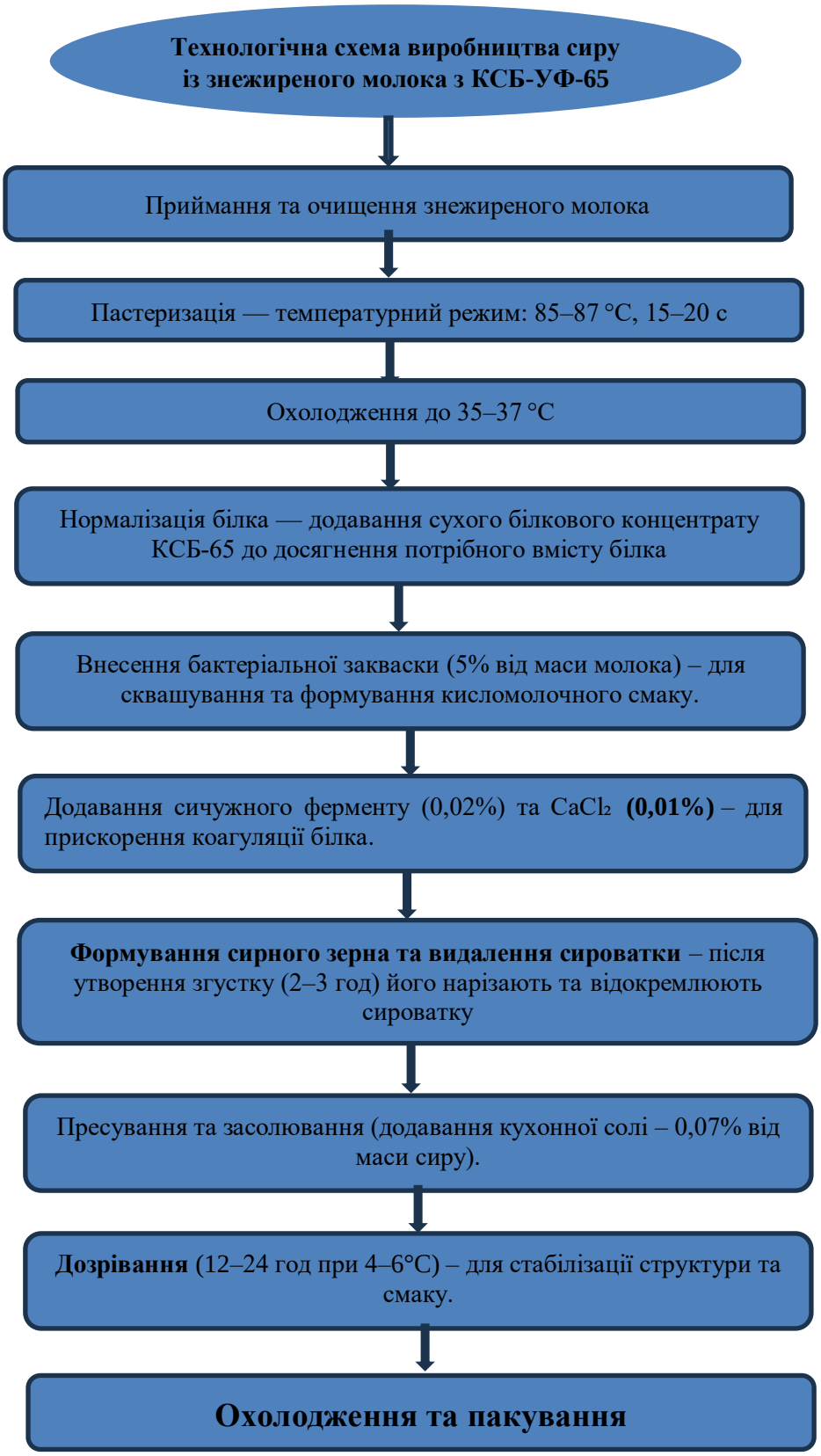

Рисунок 5.1 Технологічна схема виробництва сиру

6. Контроль виробничого процесу

6.1 Контроль якості сировини

- Параметри молока: жир, білок, кислотність згідно ДСТУ.
- КСБ-УФ-65 – масова частка білка ≥ 65 %, pH, мікробіологія.
- Водопідготовка – відповідність вимогам питної води.

6.2 Виробничий контроль

- Температура, pH, кислотність, час згортання – контроль під час процесу.
- Періодичний контроль мікробіології в ключові точки (склад, кінцевий продукт).

6.3 Контроль готового продукту

- Органолептика, фізико-хімія, мікробіологія – відповідно до пунктів
- Перевірка маркування, паковання.

Додаток В

ПЛАН ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

щодо впровадження ТІ на виготовлення сиру кисломолочного збагаченого концентратом сироваткових білків до ДСТУ 4554:2006 «Сир кисломолочний. Технічні умови»

ЗАТВЕРДЖУЮ

_____

"___" _____ 20___ р.

№	Заходи	Строк виконання	Відповідальний виконавець
1	2	3	4
1	Аналіз виробничих потужностей і технологічного устаткування	5 робочих днів	Головний інженер
2	Розробка та погодження технологічної інструкції (ТІ)	10 робочих днів	Технологічний відділ
3	Закупівля концентрату сироваткових білків та проведення лабораторного аналізу	7 робочих днів	Відділ постачання, Лабораторія
4	Адаптація технологічного процесу на дослідній партії	5 робочих днів	Ведучий технолог
5	Проведення внутрішніх навчань персоналу	3 робочі дні	Відділ охорони праці та навчання
6	Випуск дослідної партії продукції та її оцінка (органолептика, фізико-хімічні показники)	3 робочі дні	Лабораторія, Відділ контролю якості

Таблиця 2.3 (продовження)

1	2	3	4
7	Коригування технологічної інструкції за результатами дослідного виробництва	2 робочі дні	Технологічний відділ
8	Введення ТІ в дію наказом по підприємству	1 день	Керівник підприємства
9	Початок серійного виробництва	Постійно	Начальник виробництва