

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Визначення специфічності протеїназ лактококів
з проєктуванням цеху кисломолочних напоїв

3 проєктуванням цеху кисломолочних напоїв

Виконав: студент VI курсу, групи МЛІм-61
спеціальності 181 «Харчові технології»

(шифр і назва спеціальності)

Солопа М.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Юкало В.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Кухтин М.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Ткачук Р.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

		(підпис)	(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

181 «Харчові технології»

(шифр і назва спеціальності)

студентці

Солопи Миколи Ростиславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Визначення специфічності протеїназ лактококів
з проєктуванням цеху кисломолочних напоїв

Керівник роботи Юкало Володимир Глібович, д.біол.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «_» _ 2025 року

2. Термін подання студенткою завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Асортимент:

1) Простокваша

2) Йогурт

3) Кефір знежирений

4) Кефір, м.ч.ж. 2,5%

5) Сметана

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Науково-дослідна частина. Аналітичний огляд літературних джерел. Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження. Результати дослідження. Техніко-економічне обґрунтування роботи. Проєктно-технологічна частина роботи. Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту. Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва. Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Охорона праці. Безпека в Надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема напрямків, 1 арк. А1.

2. Апаратурно-технологічна схема виробництва молочних продуктів, 1 арк. А1.

3. Графік організації виробничих процесів, 1 арк. А1.

4. План виробничого корпусу підприємства, 1 арк. А1.

5. Розріз виробничого приміщення підприємства (цеху), 1 арк. А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-дослідна частина.	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Техніко-економічне обґрунтування роботи.	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Проектно-технологічна частина роботи.	д.біол.н. Юкало В.Г.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.			

7. Дата видачі завдання 17 . 11 .2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	17.11.2025	
2	Науково-дослідна частина	17.11.-25.11.2025	
	Аналітичний огляд літературних джерел	17.11.-19.11.2025	
	Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження	20.11.2025	
	Результати дослідження	21.11-25.11.2025	
3	Техніко-економічне обґрунтування	26.11-27.11.2025	
4	Проектно-технологічна частина	28.11-7.12.2025	
	Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту	28.11-1.12.2025	
	Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва	2.12-4.12.2025	
	Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту	5.12-7.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	8.12-12.12.2025	
	Охорона праці	8.12-10.12.2025	
	Безпека в надзвичайних ситуаціях	11.12-12.12.2025	
6	Оформлення графічної частини	13.12-18.12.2025	
7	Оформлення анотації, загальних висновків та списку використаних літературних джерел	19.12.2025	
8	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Подача роботи для перевірки на плагіат.	20.12.2025	
9	Подання кваліфікаційної роботи до захисту	21.12.2025	

Студент

(підпис)

Солопа М.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Юкало В.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена визначенню специфічності протеїназ лактококів з проектуванням цеху кисломолочних напоїв.

У розділі 1 науково-дослідної частини роботи представлено аналіз сучасних літературних даних про вплив приклітинних протеїназ молочнокислих бактерій для проходження біохімічних процесів при виробництві молочних продуктів. При цьому є важливим питання встановлення типу приклітинних протеїназ на формування органолептичних показників та якості продукції. В роботі запропоновано вдосконалення методу визначення типу приклітинних протеїназ шляхом використання гомогенних казеїнових субстратів, виділених одностадійно в умовах збереження їхньої структури. За допомогою гелі фільтрації і мікропрепаративного електрофорезу виділені субстрати (α -, α - і β -казеїни), проведено модельні протеолізи біомасою відібраних штамів лактококів і встановлено типи приклітинних протеїназ. Метод може бути цінний при селекції молочнокислих бактерій до складу заквасок.

Розділ 2 містить техніко-економічне обґрунтування, в якому розглянуто доцільність впровадження запроєктованого асортименту продукції з урахуванням сучасних вимог ринку, нормативних документів і ресурсних можливостей підприємства. Проєктно-технологічна частина кваліфікаційної роботи (розділ 3) присвячена комплексному технологічному проектуванню. Проведено технологічні розрахунки основних показників продуктів, а саме простокваші, йогурту, кефіру (знежиреного та з масовою часткою жиру 2,5 %) і сметани, зроблений підбір обладнання, а також розрахунок площ приміщень. У розділі 4 розглянуті питання, що стосуються охорони праці, а також безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: лактококи, приклітинні протеїнази, тип протеїнази, казеїнові субстрати.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Науково-дослідна частина роботи.....	8
1.1 Аналітичний огляд літературних джерел.....	8
1.1.1 Значення молочнокислих бактерій у виробництві молочних продуктів.....	8
1.1.2 Біохімічні властивості молочнокислих бактерій.....	11
1.1.3 Протеолітичні властивості молочнокислих бактерій.....	13
1.2 Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження.....	17
1.2.1 Мета, об'єкт, предмет дослідження.....	17
1.2.2 Методи дослідження.....	18
1.3 Результати дослідження.....	18
2 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	26
2.1 Характеристика місця розташування підприємства.....	26
2.2 Характеристика сировинної зони.....	27
2.3 Обґрунтування асортименту молочної продукції.....	29
2.4 Характеристика каналів реалізації продукції.....	30
3 Проектно-технологічна частина роботи.....	32
3.1 Технологічні розрахунки виробництва запроєктованого асортименту.....	32
3.1.1 Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів.....	32
3.1.2 Схема напрямків технологічної переробки сировини.....	33
3.1.3 Сировинно-продуктовий розрахунок.....	34
3.1.4 Зведена таблиця розрахунку продуктів.....	38
3.2 Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва.....	39

3.2.1 Вимоги до сировини, використаної для виробництва.....	39
3.2.2 Опис загальних операцій виробництва	45
3.2.3 Опис технології виробництва запроектованого асортименту.....	46
3.2.4 Організація технохімічного і мікробіологічного контролю виробництва запроектованого асортименту.....	55
3.3 Забезпечення технологічного процесу виробництва запроектованого асортименту	63
3.3.1 Підбір технологічного обладнання.....	63
3.3.2 Розрахунок площ виробничих і допоміжних приміщень.....	69
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	74
4.1 Охорона праці.....	74
4.1.1 Правила техніки безпеки при експлуатації обладнання.....	74
4.1.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці.....	76
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	80
4.2.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.....	80
Висновки.....	83
Перелік посилань.....	85
Додатки.....	90

ВСТУП

Актуальність теми. Ферменти протеолітичної системи молочнокислих бактерій (насамперед приклітинні протеїнази) мають важливе значення для формування реологічних і органолептичних властивостей молочних продуктів. Тому питання пов'язані з визначенням типу активності приклітинних протеїназ мають важливе наукове і практичне значення.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вдосконалення методу визначення типу приклітинних протеїназ у протеїназа-позитивних штамів лактококів з використанням гомогенних казеїнових субстратів, виділених одностадійно в умовах збереження їхньої структури.

Основні завдання:

- охарактеризувати і відібрати протеїназа-позитивні штами лактококів підвиду *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, отримати їх біомасу в умовах збереження складу їх приклітинних протеїназ;

- виділити гомогенні казеїнові субстрати одностадійно в умовах збереження їх нативної структури;

- провести протеоліз казеїнових субстратів на рівні клітин біомасою відібраних штамів лактококів і встановити тип їхніх приклітинних протеїназ.

Об'єкт дослідження — протеолітичні системи лактококів із виду *L. lactis* ssp. *lactis*.

Предмет дослідження — визначення типу приклітинних протеїназ у лактококів *L. lactis* ssp. *lactis*.

Методи дослідження. Для дослідження застосовано комплекс мікробіологічних методів, що стосуються вирощування штамів лактококів і отримання біомаси, визначення їх стійкості до NaCl, кислотоутворюючої і загальної протеолітичної активності. Для отримання казеїнових субстратів використовували методи гелі-фільтрації і препаративного мікроелектрофорезу. Ступінь гомогенності субстратів, а також їх розпад під час модельного

протеолізу досліджували аналітичним електрофорезом. Концентрацію білків визначали спектрофотометрично.

Практичне значення одержаних результатів полягає у вдосконаленні методу визначення типу приклітинних протейназ у штамів лактококів, які використовуються у складі заквасок при виробництві молочних продуктів.

Особистий внесок. Особистий вклад полягає у проведенні аналітичного огляду наукових джерел, систематизації даних, участі у проведенні експериментальних досліджень, аналізі отриманих результатів і формулюванні висновків.

Публікації. Опубліковано статтю у фаховому журналі «Наукові праці НУХТ» №5 за 2025 рік і тези доповіді на міжнародній науково-технічній конференції (НУХТ, Київ, жовтень 2025р.).

Структура роботи. Магістерська робота складається зі анотації, вступу, чотирьох основних розділів (науково-дослідна частина, техніко-економічне обґрунтування, проектно-технологічна частина, а також охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях), висновків і переліку посилань. Загальний обсяг роботи становить 97 сторінок тексту і 52 літературних найменувань, а також додатків 8.

1 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА РОБОТИ

1.1 Аналітичний огляд літературних джерел

1.1.1 Значення молочнокислих бактерій у виробництві молочних продуктів

Молочнокислі бактерії відіграють визначальну роль у виробництві ферментованих молочних продуктів, оскільки забезпечують процес біохімічних перетворень молока, формування органолептичних характеристик і надання готовим виробам функціональних властивостей. Їхня активність проявляється у здатності до швидкого утворення молочної кислоти, синтезу ароматичних сполук, продукування біоактивних пептидів та інших метаболітів, які зумовлюють як смак і консистенцію, так і біологічну цінність продуктів [5].

У процесі метаболізму в молочнокислих бактеріях головним є перетворення лактози в молочну кислоту. Накопичення останньої сприяє зниженню рН середовища, що зумовлює денатурацію білків, утворення згустку та пригнічення розвитку небажаної мікрофлори. Крім того, ряд представників цієї групи продукує ароматичні речовини (діацетил, ацетоїн, леткі жирні кислоти), полісахариди, вітаміни та бактеріюцини, що формують як органолептичні властивості продукту, так і його антимікробний захист [5, 6].

У виробництві різних груп молочних продуктів застосовуються певні види і штами молочнокислих бактерій, які підбирають залежно від вимог до консистенції, кислотності, аромату та термінів зберігання продукту. Для кефіру застосовують змішані закваски, що містять *Lactobacillus kefir*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* та дріжджі *Kluyveromyces marxianus*, які забезпечують одночасне молочнокисле і спиртове бродіння [7]. Йогурт отримують за участю симбіотичної пари *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*. Для сметани використовують закваски, до складу яких входять *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp.

cremoris та *Leuconostoc mesenteroides* subsp. cremoris, що надають продукту ніжного смаку та кремоподібної структури. Кисломолочний сир сквашують культурами *Lactococcus lactis* subsp. lactis, *Lactococcus lactis* subsp. cremoris і *Leuconostoc mesenteroides*, які забезпечують утворення згустку з подальшим виділенням сироватки. У виробництві ряжанки застосовують *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus та *Streptococcus thermophilus*, які добре ростуть у пастеризованому стерилізованому молоці, надаючи продукту карамельного присмаку [8]. Ацидофілін виготовляють із застосуванням *Lactobacillus acidophilus*, який характеризується вираженими пробіотичними властивостями та утворює щільний згусток. [7, 8].

У монографії Tamime A. та Robinson R. підкреслюється, що симбіотичне поєднання *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus становить основу класичної технології виробництва йогурту. *S. thermophilus* швидко знижує рН середовища, стимулюючи активність *L. bulgaricus*, який, своєю чергою, завдяки високій протеолітичній активності забезпечує глибокий гідроліз білків молока [9].

У дослідженні Holzapfel особливий акцент зроблено на універсальності застосування молочнокислих бактерій у малих та середніх підприємствах харчової промисловості. Вони виступають природними біоконсервантом і формують специфічні сенсорні характеристики продукції без необхідності використання синтетичних добавок [10].

Holzapfel зазначає, що молочнокислі бактерії володіють здатністю до інтенсивного утворення молочної кислоти, яка знижує рН середовища, створюючи несприятливі умови для росту патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Таким чином, молочнокислі бактерії виконують природну функцію біологічного консерванта, забезпечуючи мікробіологічну стабільність продукту. Крім того, вони можуть синтезувати низку антимікробних речовин, зокрема бактеріоцини, діацетил та перекис водню, які додатково підвищують рівень захисту продукції від небажаної мікрофлори [10].

Роль молочнокислих бактерій у виробництві сиру

Сир є одним із найдавніших і водночас найцінніших продуктів у харчуванні людини. Його виробництво нерозривно пов'язане з використанням молочнокислих бактерій, які забезпечують формування основних властивостей продукту. На відміну від кисломолочних напоїв, де головним чинником є швидке зброджування лактози, у сирі молочнокислі бактерії беруть участь у більш тривалих і складних біохімічних процесах, що визначають його структуру, смак та аромат [11].

У початковій стадії виробництва сиру молочнокислі бактерії активно ферментують лактозу до молочної кислоти. Це сприяє зниженню рН середовища, що створює оптимальні умови для дії сичужного ферменту та коагуляції казеїнів. Швидке підкислення молока також запобігає розвитку небажаної мікрофлори, забезпечуючи мікробіологічну безпечність продукту [11].

Молочнокислі бактерії беруть участь у протеолізі та ліполізі, завдяки чому утворюються низькомолекулярні пептиди, амінокислоти, леткі жирні кислоти й ароматичні сполуки. Ці продукти метаболізму формують характерний смак, аромат і текстуру сиру. Наприклад, діацетил, утворений певними штамми *Lactococcus lactis*, надає сиру приємного вершкового присмаку, тоді як ацетоїн і ацетальдегід формують кисломолочні відтінки смаку [12].

Особливе значення мають також вторинні метаболіти молочнокислих бактерій. Екзополісахариди підвищують еластичність і пластичність сирного тіста, а бактеріюцини забезпечують антимікробний захист, подовжуючи термін зберігання продукції. Відомо, що у виробництві різних видів сиру використовують різні культури молочнокислих бактерій: для твердих сирів — *Lactococcus lactis* та *Lactobacillus helveticus*, для м'яких — *Leuconostoc mesenteroides* у поєднанні з мезофільними культурами, а для розсільних сирів (наприклад, бринзи) — спеціалізовані заквашувальні препарати, що забезпечують щільний згусток та солонуватий смак [12].

Дослідження Фох підтверджують, що молочнокислі бактерії є ключовим фактором не лише в початкових етапах сировиробництва, а й у процесах визрівання. Автори підкреслюють, що від вибору штаму молочнокислих бактерій залежить швидкість протеолізу та інтенсивність розвитку смако-ароматичного комплексу. Це робить їх незамінним біологічним інструментом у сучасній технології сиру [13].

1.1.2 Біохімічні властивості молочнокислих бактерій

Молочнокислі бактерії належать до найважливіших груп мікроорганізмів, які широко застосовуються у харчовій промисловості, насамперед у виробництві ферментованих молочних продуктів. Їхня цінність полягає не лише у здатності до утворення молочної кислоти, але й у багатогранній біохімічній активності, що включає синтез ароматичних речовин (діацетил, ацетоїн), прояв ліполітичних та протеолітичних властивостей. Сукупність цих процесів визначає якісні характеристики готової продукції, її органолептичні властивості, функціональність і харчову безпеку [7, 12, 13].

Утворення молочної кислоти

Основною метаболічною характеристикою молочнокислих бактерій є здатність до молочнокислого бродіння, внаслідок якого утворюється молочна кислота. Цей процес реалізується через гліколітичний шлях (Ембдено-Майєргоф-Парнасовий) у гомоферментативних бактерій, де кінцевим продуктом є переважно молочна кислота. Для гетероферментативних культур характерним є утворення, окрім молочної кислоти, ще й побічних продуктів — етанолу, оцтової кислоти та вуглекислого газу.

Накопичення молочної кислоти зумовлює зниження рН середовища, що призводить до ізоелектричної коагуляції казеїнових міцел, формування згустку та стабілізації текстури ферментованих продуктів. Крім того, молочна кислота

виконує функцію природного консерванта, інгібуючи розвиток патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Як зазначають Tamime & Robinson, швидкість і ступінь накопичення молочної кислоти мають вирішальне значення для стабільності технологічного процесу та безпечності готової продукції [9].

Синтез діацетилу та ацетоїну

Важливою біохімічною властивістю молочнокислих бактерій є здатність до синтезу ароматичних речовин, зокрема діацетилу та ацетоїну. Ці сполуки формуються внаслідок метаболізму цитрату, що міститься в молоці, і забезпечують характерний вершковий смак та аромат.

Діацетил є ключовим компонентом аромату кисломолочного продукту. Він утворюється у процесі перетворення пірувату через α -ацетолактат, який далі окиснюється до діацетилу або відновлюється до ацетоїну. Ацетоїн, своєю чергою, надає продуктам більш м'якого смаку. Holzapfel зазначає, що концентрація цих речовин залежить від штамових особливостей молочнокислих бактерій та умов культивування. Оптимальні рівні забезпечують приємний аромат, тоді як надлишок діацетилу може викликати різко виражений присмак [10].

Внесок діацетилу та ацетоїну особливо важливий у технології молочних продуктів, де ці речовини виступають головними носіями смакового профілю. Використання заквасок із підвищеною цитрат-асимілюючою активністю є поширеним застосуванням у молочній промисловості для формування бажаних органолептичних характеристик.

Ліполітична активність

Окрім кислототворної та ароматотворної функцій, молочнокислі бактерії здатні проявляти ліполітичну активність завдяки продукуванню ліпаз та ефірних гідролаз. Ці ферменти каталізують гідроліз молочного жиру з утворенням вільних жирних кислот, моно- та дигліцеридів.

Вільні жирні кислоти виконують подвійну роль: вони безпосередньо впливають на формування аромату (коротколанцюгові кислоти, такі як масляна та капронова, зумовлюють характерний кисломолочний запах) і виступають попередниками летких сполук (кетонів, альдегідів, лактонів), які збагачують сенсорний профіль продукції. За даними Vinderola, рівень ліполітичної активності у молочнокислих бактерій значно нижчий, ніж у пліснявих грибів або бактерій роду *Pseudomonas*, однак навіть мінімальна активність істотно впливає на смак та аромат молочних виробів [12].

Біохімічні процеси у сирі

У виробництві сирів біохімічні властивості молочнокислих бактерій мають ключове значення, оскільки саме вони зумовлюють процеси визрівання. Протеолітична активність культур сприяє розщепленню казеїну з утворенням пептидів та амінокислот, що формують смакову повноту й аромат. Ліполітичні реакції у сирах забезпечують утворення коротколанцюгових жирних кислот, які є носіями специфічних сирних відтінків смаку. Як показали дослідження McSweeney, саме баланс протеолізу та ліполізу, спричинений активністю молочнокислих бактерій, визначає сенсорний профіль та якість дозрілих сирів [14, 15].

1.1.3 Протеолітичні властивості молочнокислих бактерій

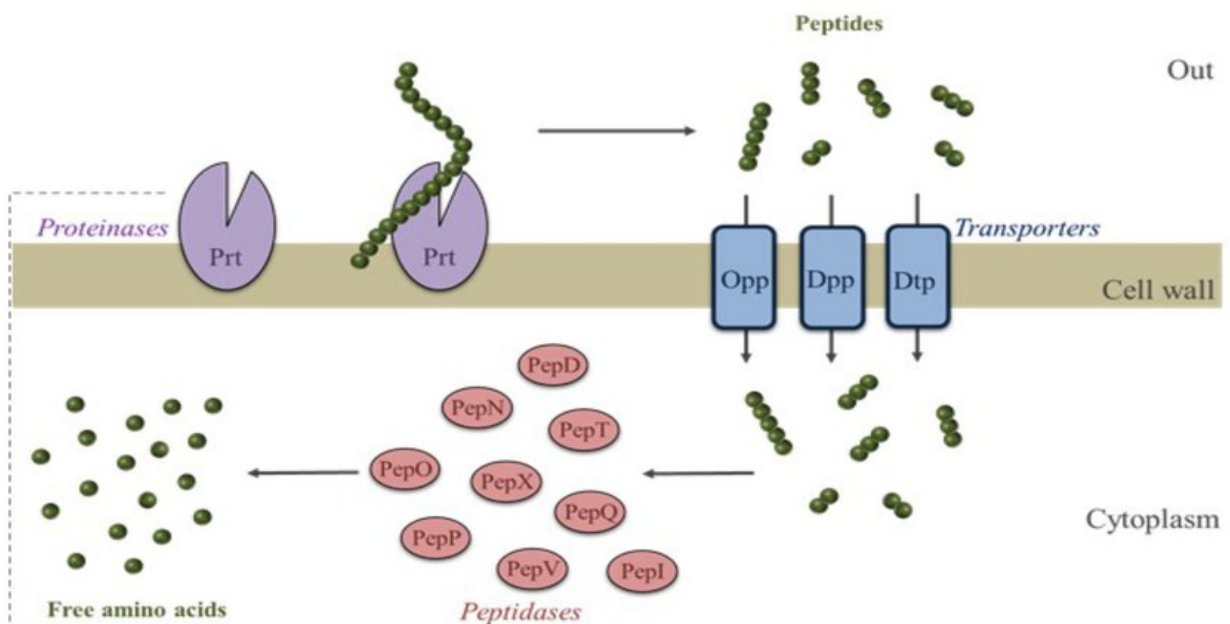
Протеолітична активність молочнокислих бактерій є ключовим чинником у формуванні якісних характеристик молочних продуктів. Вона забезпечує гідроліз молочних білків, передусім казеїну, з утворенням низки пептидів і вільних амінокислот, які є попередниками ароматичних сполук і водночас виконують важливі біологічні функції. У науковій літературі Kunji та Savijoki наголошується, що молочнокислі бактерії не здатні самотійно синтезувати

низку амінокислот, тому їхня протеолітична система є адаптаційним механізмом для отримання необхідних поживних речовин [16, 17].

Основними складовими протеолітичної системи молочнокислих бактерій є приклітинні протеази, пептидні транспортери та внутрішньоклітинні пептидази. Взаємодія цих компонентів забезпечує послідовний розпад білків до пептидів і вільних амінокислот, що відіграє ключову роль у метаболізмі бактерій і в біохімічних перетвореннях молочних продуктів [17].

На рисунку 1 зображено схему протеолітичної системи *Lactobacillus* spp., де білки спочатку розщеплюються зовнішніми протеазами (cell envelope proteinases, CEP), потім утворені пептиди транспортуються всередину клітини, а вже там — піддаються дії різних пептидаз (PepX, PepN, PepC та ін.).

A



B

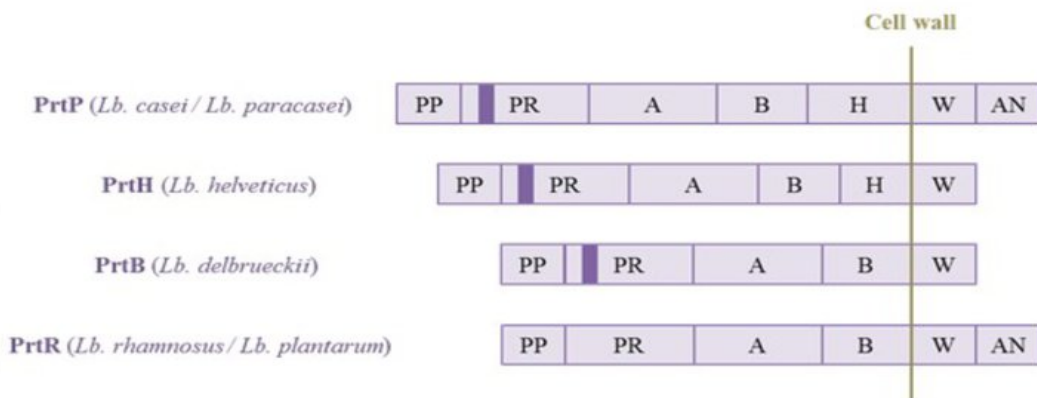


Рисунок 1 - Схема протеолітичної системи молочнокислих бактерій [18].

Приклітинні протеази

Приклітинні протеази локалізуються на поверхні клітинної стінки і здійснюють первинний гідроліз казеїну на великі олігопептиди. Найбільш вивченою є клітинна протеаза PrtP, характерна для *Lactococcus lactis*, яка розщеплює α - і β -казеїн, формуючи пептиди середньої довжини. Цей процес є початковим етапом у загальній схемі протеолізу, оскільки молочнокислі бактерії зазвичай не здатні транспортувати цілісні білки через клітинну мембрану. Приклітинні протеази визначають швидкість і глибину протеолізу, а їхня активність впливає на інтенсивність визрівання продукту та розвиток смако-ароматичних характеристик [19, 24].

Пептидні транспортери

Після утворення олігопептидів вони транспортуються всередину клітини спеціалізованими транспортними системами, такими як Opp, DtpT та Dpp. Ці системи забезпечують доставку пептидів різної довжини для подальшої внутрішньоклітинної деградації. Важливою властивістю молочнокислих бактерій є висока специфічність транспортерів, що дозволяє регулювати спектр поглинаючих пептидів залежно від метаболічних потреб клітини [19].

Внутрішньоклітинні пептидази

Усередині клітини відбувається подальший глибокий гідроліз пептидів під дією різноманітних пептидаз. Внутрішньоклітинна система включає:

- амінопептидази (PerN, PerC, PerA), які відщеплюють амінокислоти з N-кінця пептидів;
- дипептидилпептидази (PerX, PerP), що вивільняють ді- та трипептиди;
- ендопептидази (PerO, PerF), які діють на внутрішні пептидні зв'язки;
- пролілпептидази (PerX, PerR), здатні розщеплювати пептиди, що містять пролін, важливі для деградації β -казеїну.

Дія цих ферментів призводить до утворення широкого спектра вільних амінокислот, які слугують не лише джерелом азоту для бактерій, а й є попередниками ароматичних речовин, таких як леткі сірковмісні сполуки, альдегіди та кетони [19].

У роботі Юкало В. Г. та Сторож О. І. досліджено протеолітичну активність приклітинних і внутрішньоклітинних ферментів у представників роду *Lactococcus*, які широко застосовуються у виробництві ферментованих молочних продуктів. Автори вивчали здатність цих мікроорганізмів гідролізувати білки молока та визначали активність окремих пептидазних систем. У результаті встановлено, що приклітинні ферменти забезпечують початковий етап розщеплення казеїну, тоді як внутрішньоклітинні пептидази беруть участь у подальшому утворенні низькомолекулярних пептидів і амінокислот. Показано, що рівень ферментативної активності залежить від штаму лактококів і умов їх культивування. Отримані дані мають важливе значення для підвищення якості та формування смаку кисломолочних продуктів за рахунок оптимізації заквашувальних культур [20].

Дослідження останніх років підтверджують, що протеолітична активність бактерій є визначальною у визріванні сирів. Зокрема, у роботі Gobbetti показано, що специфічні штами *Lactobacillus helveticus* продукують інтенсивний комплекс пептидаз, який сприяє утворенню біоактивних пептидів із вираженими антигіпертензивними властивостями [21].

Юкало В. Г. у своїй монографії висвітлив дані щодо біологічної активності білкових сполук молока та продуктів їх гідролізу. Автор наголошує, що протеолітичні ферменти молочнокислих бактерій забезпечують глибоке розщеплення казеїнів і сироваткових білків, у результаті чого утворюються біоактивні пептиди з антиоксидантними, антимікробними та гіпотензивними властивостями. Залежно від виду бактерій та умов ферментації ступінь протеолізу істотно варіює, що впливає на якість і смак готового продукту. Отже, протеолітична активність мікроорганізмів має ключове значення у формуванні харчової та біологічної цінності ферментованих молочних виробів [15, 22].

Таким чином, протеолітична система молочнокислих бактерій є багатокомпонентним механізмом, що поєднує приклітинні протеази, транспортні системи та внутрішньоклітинні пептидази, забезпечуючи комплексний розпад білків і утворення сполук, які визначають харчову, біологічну та сенсорну цінність молочних продуктів.

1.2 Мета, об'єкт, предмет та методи дослідження

1.2.1 Мета, об'єкт, предмет дослідження

Метою роботи є вдосконалення методу визначення типу приклітинних протеїназ у протеїназа-позитивних штамів лактококів з використанням гомогенних казеїнових субстратів, виділених одностадійно в умовах збереження їхньої структури.

Для досягнення цієї мети було сформульовано наступні завдання дослідження:

- охарактеризувати і відібрати протеїназа-позитивні штами лактококів підвиду *Lactococcus lactis ssp. lactis*, отримати їх біомасу в умовах збереження складу їх приклітинних протеїназ;

- виділити гомогенні казеїнові субстрати одностадійно в умовах збереження їх нативної структури;

- провести протеоліз казеїнових субстратів на рівні клітин біомасою відібраних штамів лактококів і встановити тип їхніх приклітинних протеїназ.

Об'єкт дослідження – протеолітичні системи молочнокислих лактококів із виду *L. lactis ssp. lactis*.

Предмет дослідження — визначення типу приклітинних протеїназ у лактококів *L. lactis ssp. lactis*.

1.2.2 Методи дослідження

Матеріали і методи. Для дослідження застосовано комплекс мікробіологічних методів, що стосуються вирощування штамів лактококів і отримання біомаси, визначення їх стійкості до NaCl, кислотоутворюючої і загальної протеолітичної активності. Для отримання казеїнових субстратів використовували методи гель-фільтрації і препаративного мікроелектрофорезу. Ступінь гомогенності субстратів, а також їх розпад під час модельного протеолізу досліджували аналітичним електрофорезом. Концентрацію білків визначали спектрофотометрично.

1.3 Результати дослідження

Відбір протеїназа-позитивних штамів лактококів було проведено за кількістю низькомолекулярних продуктів протеолізу у молочному нативному середовищі протягом 12 годин культивування при 30° С . Як правило, за цей час протеїназа-позитивні штами для свого розвитку використовують амінокислоти і пептиди, які є в молоці і їх концентрація стає нижчою у контрольному молочному середовищі без лактококів. В таблиці 1.1 подані дані концентрації низькомолекулярних продуктів протеолізу, які утворюються при інкубуванні штамів впродовж 12, 24 і 72 годин при відніманні значень контролю.

Таблиця 1.1 – Залежність протеолітичної активності лактококів від часу культивування ($M \pm m$, $n=5$)

Штами <i>Lactococcus</i> <i>lactis</i> <i>ssp.lactis</i>	Протеолітична активність (мг% тироzinу + триптофану) через			Наявність (+) або відсутність (–) приклітинної протеїнази
	12 годин	24 години	72 години	
$0,21 \pm 0,02$	$0,41 \pm 0,02$	$1,1 \pm 0,3$		+
$-0,62 \pm 0,04^1$	—	—		–
$-0,27 \pm 0,02^1$	—	—		–
$-0,03 \pm 0,008^1$	$-0,11 \pm 0,01^1$	$0,36 \pm 0,04$		? ²
$0,19 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,2$		+
$0,43 \pm 0,03$	$0,72 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,2$		+
$0,32 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,05$	$1,1 \pm 0,2$		+
$2,31 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,4$		+
$1,4 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,3$		+

Примітка: 1 – Знак “–” перед значенням показує зменшення концентрації продуктів протеолізу по відношенню до контролю.

2 – Знак запитання означає сумнівність наявності приклітинної протеїнази у штамі

За отриманими даними було виключено два штами (I_3 і I_4), у яких відсутні приклітинні протеїнази і вони не здатні забезпечувати себе амінокислотами та пептидами завдяки розщепленню білків молока.

Штам I_5 очевидно має слабшу приклітинну протеїназу, що проявилось на пізніших етапах культивування (72 години). Для встановлення активності приклітинних протеїназ відібрані 7 штамів продовжували культивувати і визначали їх активність через 24 та 72 години. Ці дані дозволили умовно розділити за класифікацією Залашка на три групи: слабкі, середні і сильні

протеоліти. Серед досліджуваних штамів виявилось два слабкі протеоліти (l_2 і l_5), три середні (l_8 , l_{11} , l_{13}) і два сильні (l_{19} і l_{21}).

Для відбору штамів також необхідно враховувати їх здатність синтезувати молочну кислоту і стійкість до NaCl в середовищі. Слабкі кислотоутворювачі і штами, які не можуть розвиватися у присутності 4% NaCl, не включають до складу заквасок для виробництва ферментованих молочних продуктів та твердих сичужних сирів [2]. Результати дослідження кислотоутворення та стійкості NaCl до наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Активність утворення молочної кислоти і стійкість до NaCl протеїназа-позитивних штамів лактококів ($M \pm m$, $n=3$)

Штами <i>Lactococcus</i> <i>lactis</i> <i>ssp.lactis</i>	Титрована кислотність, °Т, через		Тривалість кислотної коагуляції (годин)	Стійкість лактококів до NaCl (% приросту титрованої кислотності) через	
	6 годин	24 години		6 годин	24 години
l_2	54 ± 2	90 ± 4	18 ± 2	51 ± 3	72 ± 4
l_5	52 ± 3	66 ± 3	21 ± 2	45 ± 3	68 ± 3
l_8	62 ± 2	74 ± 5	24 ± 3	50 ± 3	35 ± 2
l_{11}	73 ± 3	99 ± 4	17 ± 2	54 ± 3	90 ± 5
l_{13}	70 ± 3	82 ± 4	23 ± 2	52 ± 3	43 ± 3
l_{19}	75 ± 4	106 ± 4	10 ± 1	65 ± 4	77 ± 4
l_{21}	68 ± 3	94 ± 4	16 ± 2	69 ± 4	84 ± 4

Враховуючи вказані властивості, а також тривалість кислотної коагуляції молока при культивуванні було відібрано по одному штаму від сильних, середніх і слабких протеолітів для дослідження типу їхніх приклітинних протеїназ (PI або P III) [24].

Тип протеїназ визначається за здатністю штаму розщеплювати основні казеїнові фракції – α_{s1} -, β - і κ -казеїни [24, 26].

Очевидно, що така специфічність дії приклітинних протеїназ пов'язана із нативною структурою цих фракцій. тому для отримання казеїнових субстратів з максимально збереженою просторовою структурою були відібрані одностадійні методи їх отримання мікропрепаративним електрофорезом для виділення α_{S1} - і β -казеїну та гель-фільтрація для виділення α -казеїну [3]. Результати отримання гомогенних α_{S1} - і β -казеїнів мікропрепаративним електрофорезом показані на рис. 2.

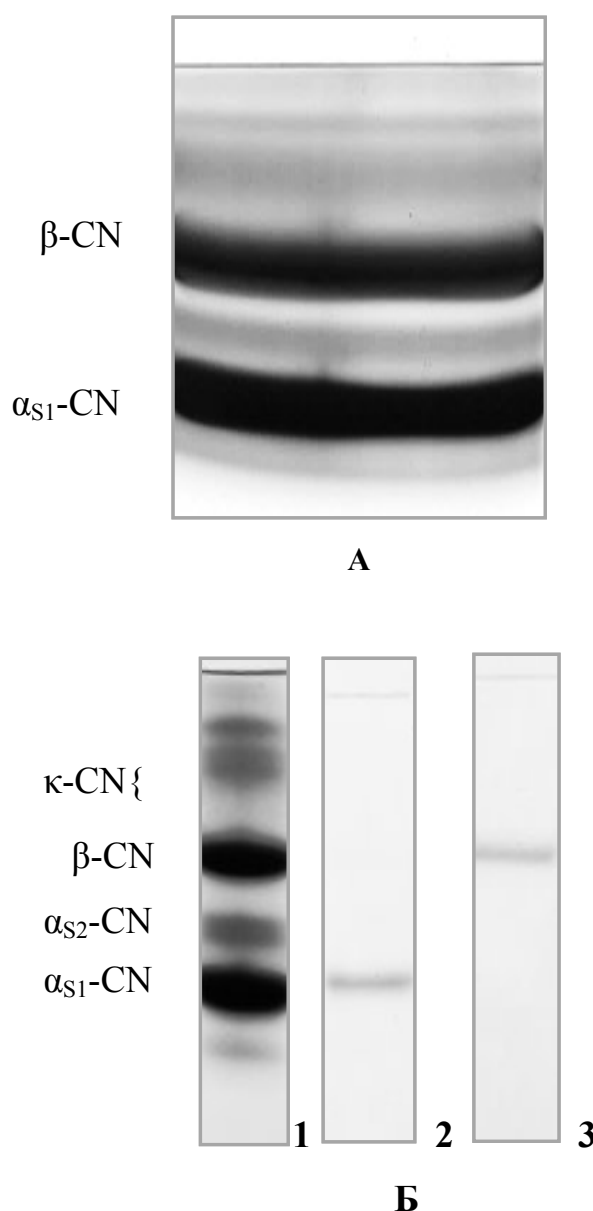
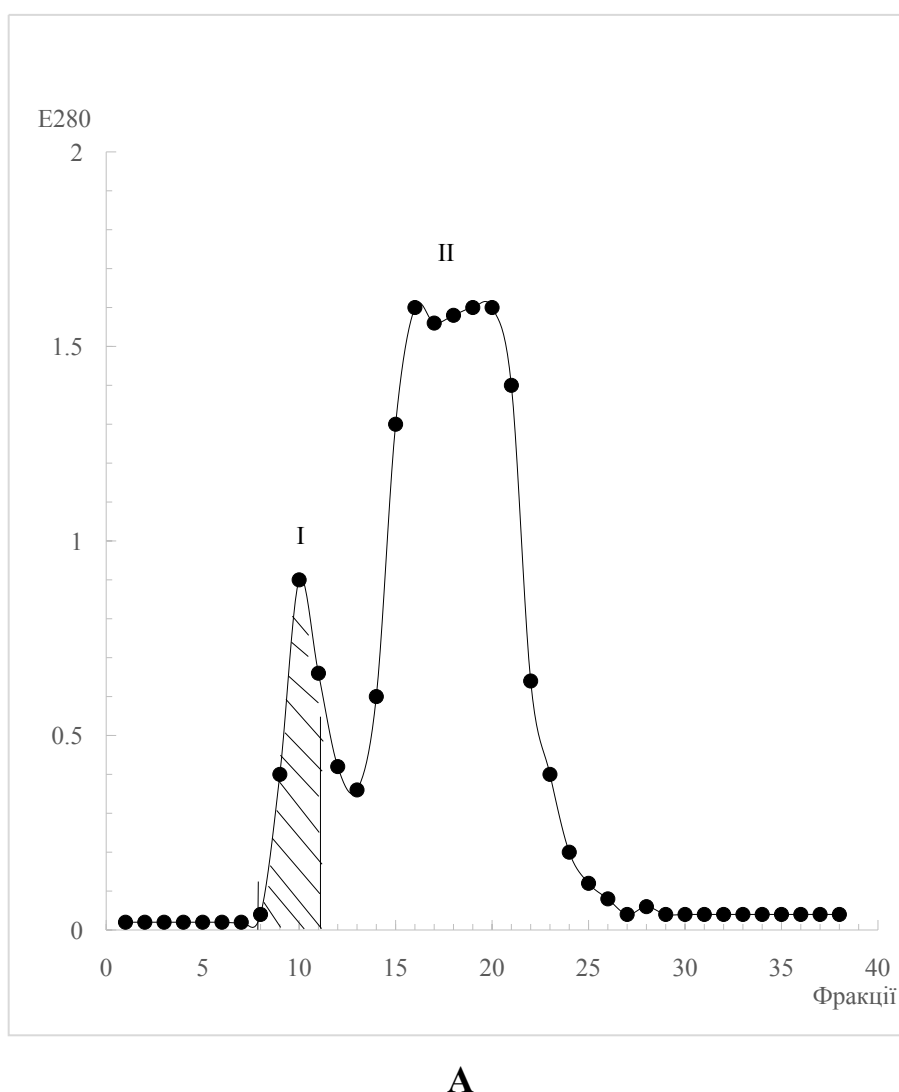


Рисунок 2 - Мікропрепаративний електрофорез загального казеїну (А); аналітичний електрофорез (Б) загального казеїну (1) і виділених фракцій α_{S1} -казеїну (2) і β -казеїну (3).

Цей метод дозволяє за одну стадію виділити електрофоретично чисті фракції α_{S1} - і β -казеїнів (рис. 2.А). Гомогенність казеїнових фракцій підтверджується аналітичним електрофорезом (рис. 2.Б). Виділення третьої казеїнової фракції – α -казеїну ускладнюється у зв'язку з характерною для неї електрофоретичною мікрогетерогенністю, завдяки відмінностям в кількості олігосахаридних груп. Тому для виділення гомогенного α -казеїну було вибрано другий одностадійний метод – гель-фільтрації. Результати гель-фільтрації загального казеїну на сефадексі G-150 показані на рис. 3.



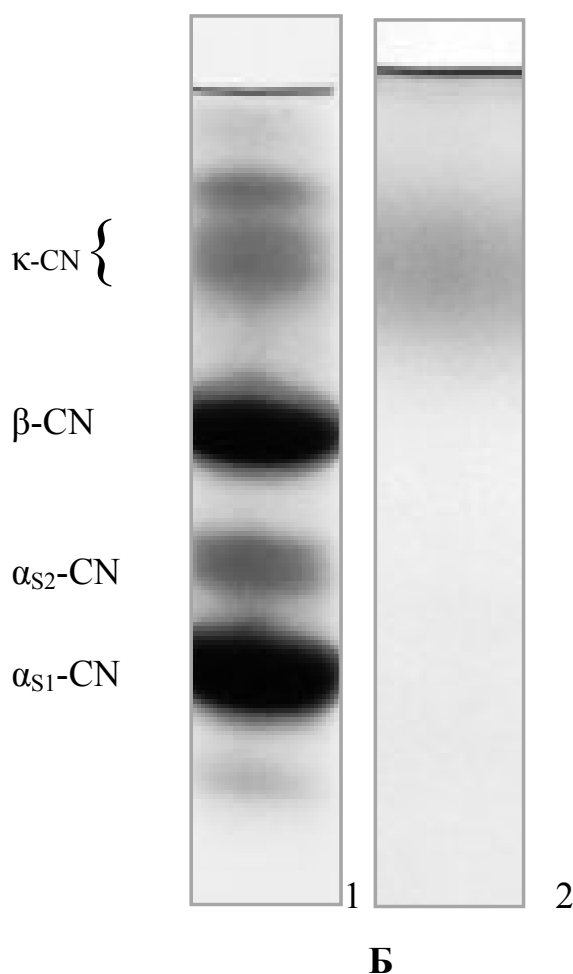


Рисунок 3 – Хроматограма гелі-фільтрації загального казеїну (А), отримана на сефадексі G-150 з виділенням сектору α -казеїнової фракції (пік І); електрофореграми (Б) загального казеїну (1) і виділеного α -казеїну гелі-фільтрацією (2).

Враховуючи отримані результати було виділено сектор хроматографічного піку І, який містить α -казеїн переважно у вигляді тримерів (рис. 3.А). Важливо, що у цей сектор не попадає α_{s2} -казеїн, який може утворювати надмолекулярні структури завдяки утворенню дисульфідних зв'язків [4].

Результати аналітичного електрофорезу підтверджують гомогенність виділеного препарату α -казеїну (рис. 3.Б). Таким чином отримані казеїнові субстрати були використані для модельних протеолізів приклітинними протеїназами лактококів.

Для встановлення типу приклітинних протеїназ використаний короткочасний протеоліз (3 год) кожного α -казеїнового субстрату біомасою

клітин кожного штаму лактококів. Такий протеоліз на рівні клітин відбувається в основному завдяки дії приклітинних протеїназ. Штами для протеолізу вирощували у спеціальному молочному нативному середовищі, яке дозволяло досягнути високої концентрації клітин, а також виділити їх без молочних білків. При цьому склад і активність при клітинних протеїназ не змінюється [23, 24].

Протеоліз кожного казеїнового субстрату (1%) проводили при 30° С концентрованою біомасою клітин кожного штаму лактококів впродовж 3 годин. Після завершення протеолізу клітини відцентрифугували. З отриманого супернатанту кількісно ізоелектрично осаджували нерозщеплені казеїнові фракції і розчиняли в електрофоретичному буфері для взірців [2]. Результати аналітичного електрофорезу показано на рис. 4.

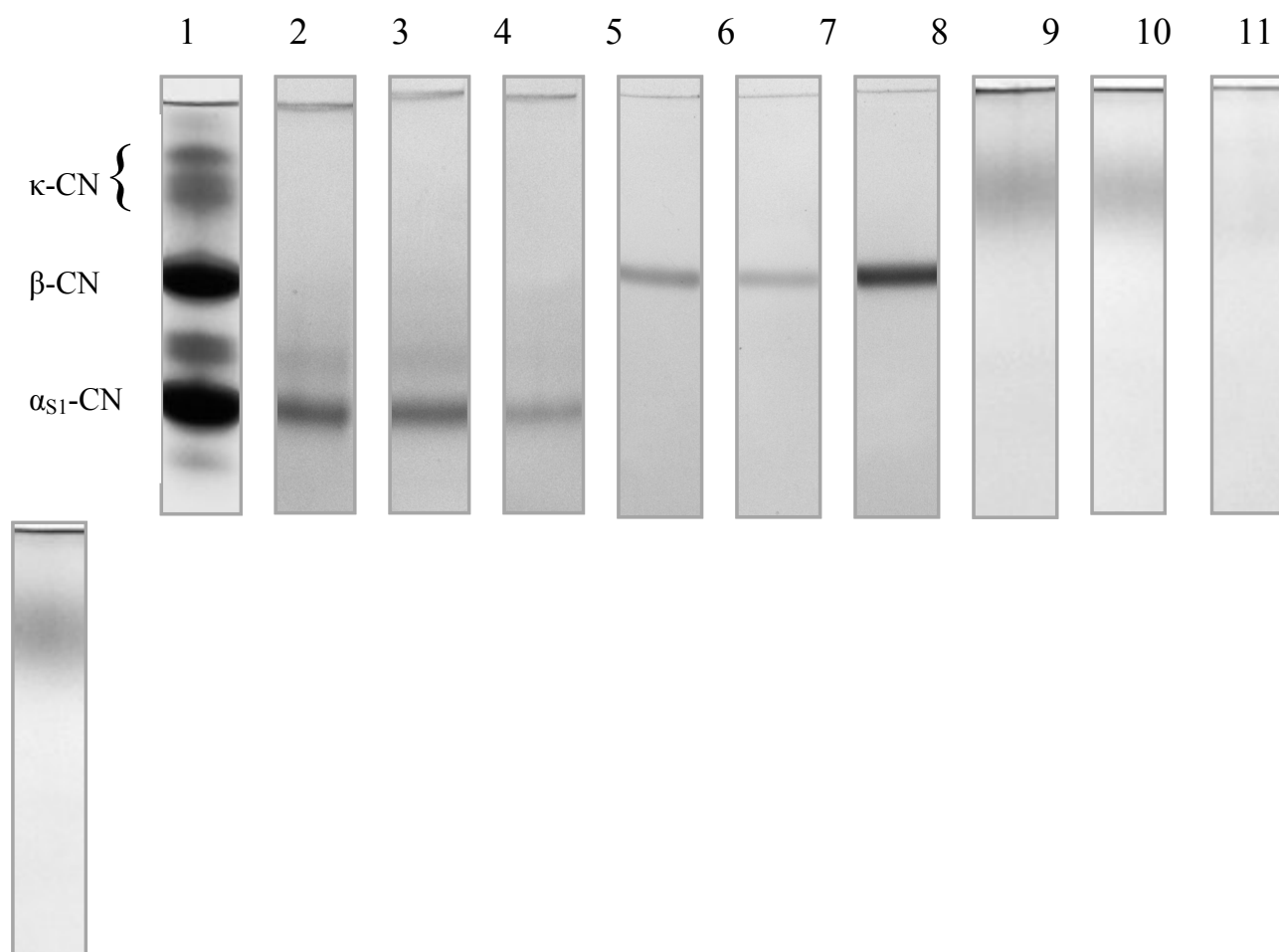


Рисунок 4 – Електрофореграми контрольних зразків загального казеїну (1) і κ -казеїну (11); електрофореграми α_{S1} -казеїн у після інкубації зі штамми l_2 (2), l_{11} (3) та l_{19} (4); електрофореграми β -казеїну після інкубації зі штамми l_2 (5), l_{11}

(6) та I_{19} (7); електрофореграми α -казеїну після інкубації зі штамми I_2 (8), I_{11} (9) та I_{19} (10).

Як контроль було використано α -казеїн у концентрації, що відповідала його концентрації в реакційній суміші. Замість більш дефіцитних α_{S1} - і β -казеїнів як контроль був взятий загальний казеїн у 2,5 рази більший концентрації ніж концентрація кожного казеїну у реакційній суміші. Як видно на електрофореграмах подібну специфічність до казеїнових фракцій проявляють при клітинні протеїнази штамів I_2 і I_{11} . Вони активно розщеплюють β -казеїн (рис. 3, 5-6) і малоактивні по відношенню до α_{S1} - і α -казеїнів. Така специфічність характерна для приклітинних протеїназ типу Р І. Протеїназа штаму I_{19} гідролізують усі казеїнові субстрати, але в значно більшій мірі α_{S1} - і α -казеїни. З великою ймовірністю можна стверджувати, що у штаму I_{19} приклітинна протеїназа належить до типу Р ІІІ [26, 27, 28].

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

2.1 Характеристика місця розташування підприємства

Вибір місця розташування молокопереробного підприємства є одним із ключових факторів, що визначають ефективність виробництва, логістичні витрати та можливості реалізації продукції. При виборі місця враховуються демографічні показники регіону, обсяг споживання продукції населенням, доступність сировинних ресурсів, водопостачання та екологічні умови.

Норми споживання кисломолочних напоїв на одну особу складають 60 кг на рік. Для визначення чисельності населення, необхідного для забезпечення річної потреби у кисломолочних продуктах, використовують такі формули:

$$Ч=П/Н,$$

де Ч — чисельність населення, тис. осіб;

Н — раціональна норма споживання на одну особу на рік, кг;

П — річна потреба у кисломолочному продукті, кг, що визначається як:

$$П=П_{зм} \times K_{зм},$$

де $П_{зм}$ — змінна потужність підприємства, т;

$K_{зм}$ — кількість змін на рік (для даного підприємства — 500).

$$П = 9042 \times 500 = 45213000 \text{ кг}$$

$$Ч = 45213000 / 60 = 75350 \text{ чол.}$$

Оптимальним місцем розташування підприємства визначено місто Дрогобич, що знаходиться на заході України, у Львівській області. Станом на останні статистичні дані в місті проживає 73 682 жителі, що забезпечує достатній споживчий попит для ефективного функціонування підприємства.

Для підприємства, розташованого у місті Дрогобич, сировинна зона включає території Львівської області, зокрема Дрогобицький, Самбірський та Стрийський райони, де розвинене молочне скотарство та наявні фермерські господарства з великою чисельністю дійного поголів'я.

Водопостачання підприємства здійснюватиметься зі свердловини. У процесі експлуатації вода може піддаватися нагріванню та забрудненню, тому до технологічної схеми включено охолоджувачі та очисні споруди. При застосуванні оборотної системи вода після використання не скидається, а повторно подається у виробничий цикл після відповідної обробки. Це дозволяє підтримувати загальну витрату води на одиницю продукції на сталому рівні, при цьому обсяг свіжої води, що забирається з джерела, зменшується в 10–20 разів і складає лише 5–10 % від загальної кількості оборотної води. Кожна порція повторно використаної води проходить охолодження та очищення, що забезпечує відповідність технологічним вимогам [29].

Оборотні схеми найбільш ефективно застосовуються в теплообмінних циклах, де вода використовується для відведення тепла від працюючих агрегатів та після цього охолоджується у градирнях.

У разі необхідності виробничі відходи підприємство буде утилізувати через спеціалізовані установи, що забезпечує дотримання екологічних стандартів та санітарних вимог.

2.2 Характеристика сировинної зони

Забезпечення населення молочними продуктами є одним із пріоритетних завдань молокопереробних підприємств, оскільки від цього залежить продовольча безпека та стабільність харчового ринку регіону. Львівська область здатна повністю задовольняти потреби населення у молочній сировині, однак існує тенденція до зменшення поголів'я великої рогатої худоби, що може у перспективі негативно вплинути на розвиток молочної промисловості.

Головними критеріями визначення сировинної зони є: близькість до постачальників, регулярність та надійність поставок молока, санітарний стан господарств та відповідність молока нормативним вимогам щодо якості. Наявність великої кількості фермерських господарств у радіусі 30–50 км від підприємства дозволяє зменшити транспортні витрати, мінімізувати втрати свіжості сировини та забезпечити постійний обсяг молока високої якості [29].

Сировина для виробництва надходитиме на підприємство від фермерських господарств Львівської області та сусідніх регіонів власним транспортом підприємства, що забезпечує контроль за умовами перевезення та збереженням якості молока.

У сировинній зоні передбачається організація централізованого збору молока з використанням спеціалізованого транспорту з підтримкою низької температури ($+4...+6^{\circ}\text{C}$), що дозволяє зберегти фізико-хімічні та мікробіологічні властивості сировини до її надходження на підприємство. Для гарантування якості продукції встановлюються договори з фермерськими господарствами щодо регулярного контролю за санітарним станом, годівлею тварин та термінами поставки молока.

Особливістю сировинної зони Дрогобича є наявність великої кількості приватних та кооперативних господарств із середнім та малим поголів'ям, що дозволяє диверсифікувати джерела постачання та забезпечити стабільність виробничого процесу незалежно від сезонних коливань продуктивності тварин. Важливим аспектом сировинної зони є логістика та транспортна доступність: основні сировинні господарства знаходяться у межах 30–70 км від підприємства,

що дозволяє забезпечити швидке транспортування молока та мінімізувати ризики його псування. Система збору сировини передбачає регулярні рейси, контроль температури та якості молока на етапі приймання.

При надходженні молоко повинно бути охолоджене до температури не вище 6 °C і відповідати вимогам ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови» [30].

Контроль температури молока, доставленого на підприємство та переробленого протягом двох годин після доїння, здійснюється за умов дотримання технологічного режиму на етапі збору та транспортування, що дозволяє забезпечити безпечність та збереження фізико-хімічних властивостей сировини [30].

Таким чином, сировинна зона для підприємства у місті Дрогобич характеризується високою насиченістю молочними господарствами, розвиненою логістичною інфраструктурою та сприятливими умовами для постачання сировини стабільної якості. Це забезпечує ефективну роботу виробництва та підтримку високих стандартів якості кінцевої продукції.

2.3 Обґрунтування асортименту молочної продукції

Проектоване виробництво належить до нових, тому номенклатура готової продукції є обмеженою і включає простоквашу, йогурт, кефір (знежирений та з масовою часткою жиру 2,5 %), а також сметану.

Кисломолочні вироби посідають важливе місце в раціоні людини, адже відомі своїми численними корисними властивостями. Вони позитивно впливають на функціонування травної, серцево-судинної та імунної систем, сприяють нормалізації обміну речовин і загальному зміцненню організму.

Завдяки наявності живих мікроорганізмів і комплексу поживних речовин, кисломолочні напої є невід'ємною складовою збалансованого харчування. Регулярне їх споживання забезпечує підтримання нормальної мікрофлори

кишечника, покращує метаболічні процеси та підвищує опірність організму до несприятливих чинників [31].

Біологічна цінність цих продуктів зумовлена високим вмістом білків, вітамінів, мінеральних елементів та амінокислот. Завдяки цьому вони швидко відновлюють енергетичні ресурси організму, що робить їх корисними під час інтенсивних фізичних навантажень. Збалансоване співвідношення кальцію та фосфору сприяє зміцненню кісткової тканини та зубів, що є особливо важливим у дитячому та підлітковому віці [31].

Кисломолочні продукти позитивно впливають на стан кишкової мікрофлори, зменшуючи прояви дисбактеріозу, особливо під час або після антибактеріальної терапії. Наявність пробіотичних культур сприяє синтезу імуноглобулінів, активації фагоцитарної активності макрофагів, що знижує ризик розвитку онкологічних захворювань шлунково-кишкового тракту та молочних залоз.

Окрему цінність мають нежирні різновиди кисломолочних виробів, які рекомендовано вживати при дієтичному харчуванні. Під час процесу сквашування значна частина лактози трансформується у молочну кислоту, завдяки чому готовий продукт легше засвоюється, зокрема людьми з непереносимістю молочного цукру. Таким чином, кисломолочні продукти поєднують високу харчову цінність, добру засвоюваність і виражені оздоровчі властивості, що визначає їхню важливу роль у раціоні людини [31].

2.4 Характеристика каналів реалізації продукції

Канал збуту являє собою систему взаємопов'язаних організацій та окремих осіб, які беруть участь у процесі просування товарів і послуг від виробника до кінцевого споживача, забезпечуючи передачу права власності на продукцію на кожному етапі руху.

У сучасних умовах розвитку молокопереробної галузі вибір ефективних каналів реалізації продукції є важливим чинником стабільного функціонування підприємства. Тому при формуванні стратегії збуту молочної продукції необхідно враховувати сукупність критеріїв, які визначають ефективність і стабільність обраного каналу реалізації [29].

Основні канали збуту молочної продукції на внутрішньому ринку підприємства охоплюють кілька напрямів: продаж через продовольчі магазини та супермаркети, який становить близько 50 % загального обсягу реалізації; реалізацію через фірмові кіоски та торговельні палатки — 20 %; а також постачання до закладів громадського харчування, таких як ресторани, бари й кав'ярні — 30 %.

Реалізація продукції через власну торговельну мережу є економічно доцільною, оскільки дозволяє пропонувати споживачам продукцію за нижчими цінами завдяки зменшенню торговельної надбавки. Крім того, такий підхід дає змогу підприємству самостійно контролювати цінову політику та зберігати стабільність попиту. Натомість при реалізації продукції через сторонні торговельні мережі чи заклади громадського харчування контроль над кінцевими роздрібними цінами частково втрачається через націнки посередників, що може знизити конкурентоспроможність товару та вплинути на лояльність споживачів.

Створення власної збутової інфраструктури дає можливість скоротити період обігу коштів, забезпечити швидке надходження виручки від продажу та оперативно реагувати на зміни попиту. Підприємство також планує здійснювати реалізацію продукції зі складу через систему письмових або телефонних заявок від торговельних точок, за участю виїзних торгових представників, а також шляхом участі в оптових виставках і ярмарках.

Подальший розвиток збутової діяльності передбачає зміцнення позицій підприємства на внутрішньому ринку кисломолочної продукції, що сприятиме збільшенню частки споживчих товарів у загальному обсязі реалізації. У перспективі розглядається також вихід на зовнішній ринок — зокрема до країн Європейського Союзу — з використанням власного транспорту для експорту

готової продукції, що забезпечить розширення збуту та підвищення конкурентоспроможності підприємства [29].

3 ПРОЄКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

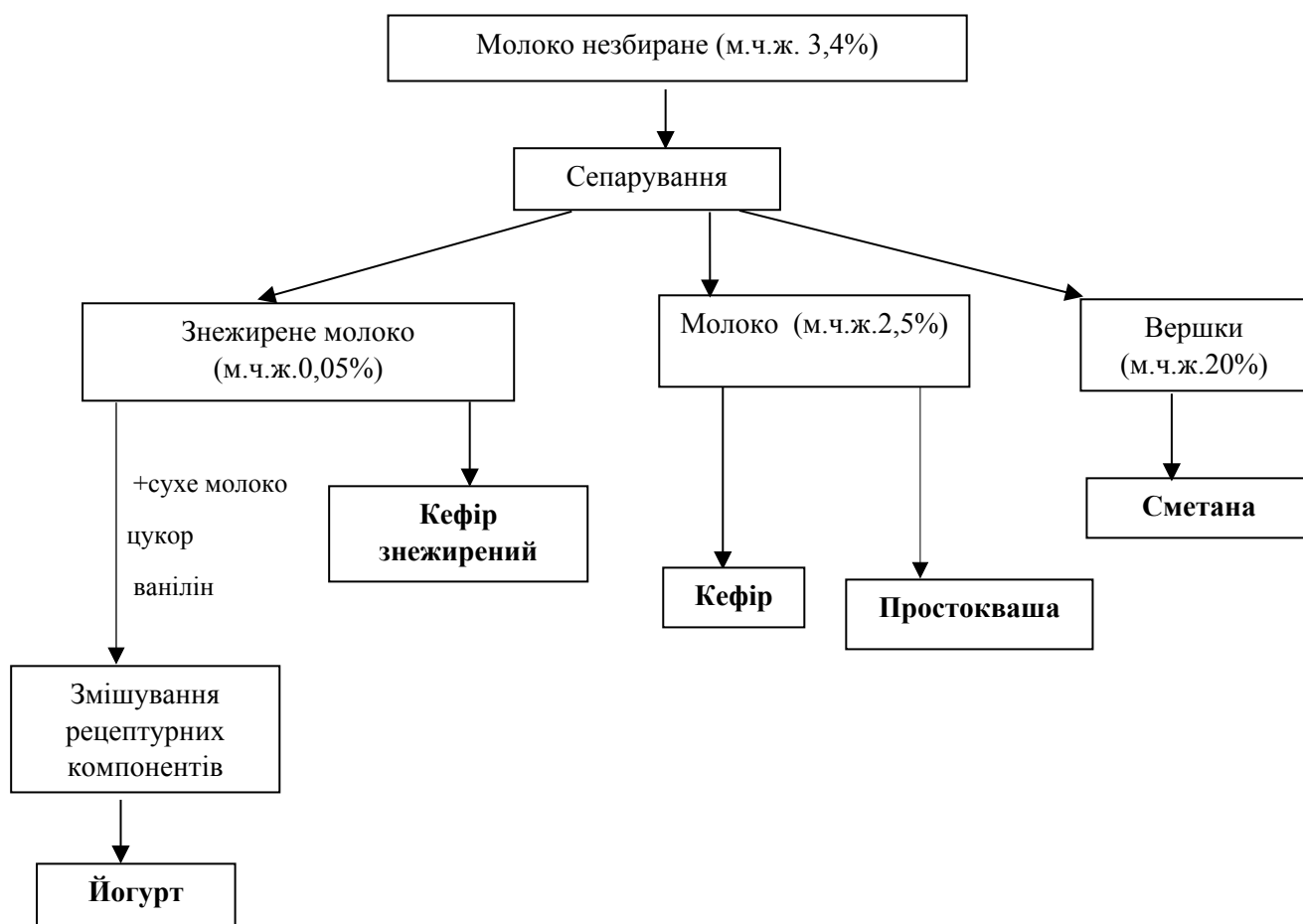
3.1 Технологічні розрахунки виробництва запроектованого асортименту

3.1.1 Таблиця вихідних даних для розрахунку продуктів

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для проведення продуктово-сировинних розрахунків.

Назва продукту	Масова частка жиру, %	Маса готового продукту, кг	Спосіб виробництва	Вид пакування	Норми втрат, кг/т	Нормативні документації
Простокваша	2,5	1500	Резервуарний	Пл. 500мл	1012,3	ДСТУ 4539:2006
Йогурт	1,5	2500	Резервуарний	Пакет 500мл	1015,0	ДСТУ 4343:2004
Кефір знежирений	0,05	2000	Резервуарний	Пл. 500мл	1012,3	ДСТУ 4417:2005
Кефір	2,5	2000	Резервуарний	Пл. 500мл	1012,3	ДСТУ 4417:2005
Сметана	20	1042,73	Резервуарний	Стакан 250мл	1011,3	ДСТУ 4418:2005

3.1.2 Схема напрямків технологічної переробки сировини



3.1.3 Сировинно-продуктовий розрахунок

Під час розрахунків приймаємо, що на переробку надходить молоко-сировина з базовим показником вмісту жиру 3,4%. На основі заданого асортименту продукції проведено розрахунки сировини для кожного виду готового продукту. У виготовленні запроєктованого асортименту кисломолочних продуктів для процесу сквашування буде використовуватися закваска прямого внесення (із зазначенням дозування на упаковці), тому її кількість не розраховуємо у продуктовому розрахунку.

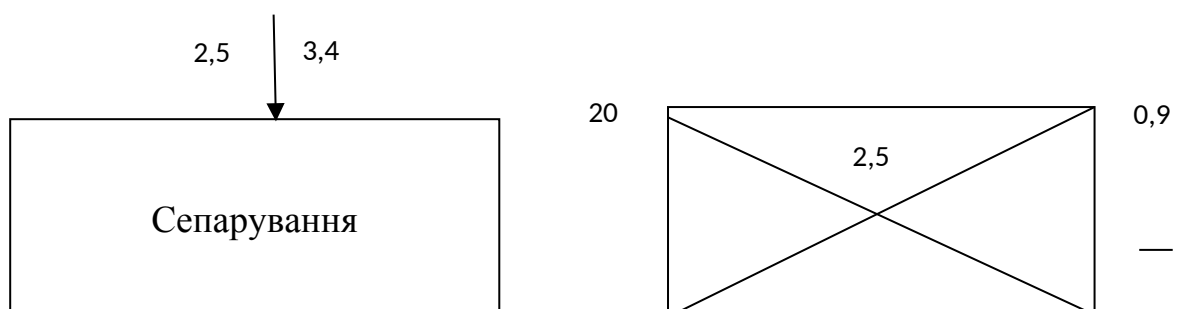
Продуктові розрахунки заданого асортименту

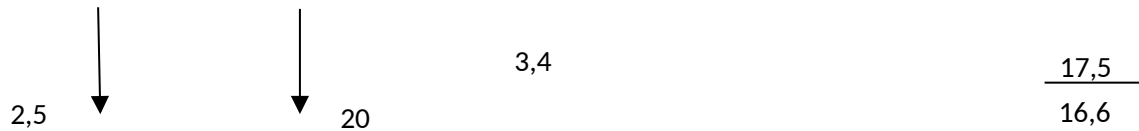
Простокваша

Для отримання 1500 кг готової продукції потрібно приготувати 1518,45 кг нормалізованої суміші.

$$M_{\text{сум.}} = \frac{1500 \cdot 1012,3}{1000} = 1518,45 \text{ кг}$$

Кількість молока-сировини, необхідного для сепарування з метою одержання молока жирністю 2,5% масою 1518,45кг:





$$\frac{M_{2,5}}{16,6} = \frac{M_{3,4}}{17,5} = \frac{M_{20}}{0,9}$$

$$M_{3,4} = \frac{1518,45 \times 17,5}{16,6} \times \frac{100}{100-0,4} = 1607,21 \text{ кг}$$

$$M_{20} = \frac{1518,45 \times 0,9}{16,6} \times \frac{100-0,07}{100} = 82,27 \text{ кг [32]}$$

Йогурт 1,5%

Таблиця 3.2 – Рецептатура йогурту

Рецептурні інгредієнти	На 1000 кг	З врахованою нормою втрат, кг
Молоко 0,05%	887,7	2252,53
Молоко сухе 25%	62,0	157,32
Цукор	50,3	127,61
Ванілін	0,015	0,04
Всього	1000,0	2537,5

Витрати сировини на 1 тонну продукції становлять 1015,0 кг [32].

Визначаємо масу молочної суміші, яку потрібно приготувати, щоб одержати 2,5т готового продукту

$$1000\text{кг}-1015,0\text{кг/т}$$

$$2500\text{кг}-x$$

$$x = \frac{2500 \times 1015,0}{1000} = 2537,5\text{кг}$$

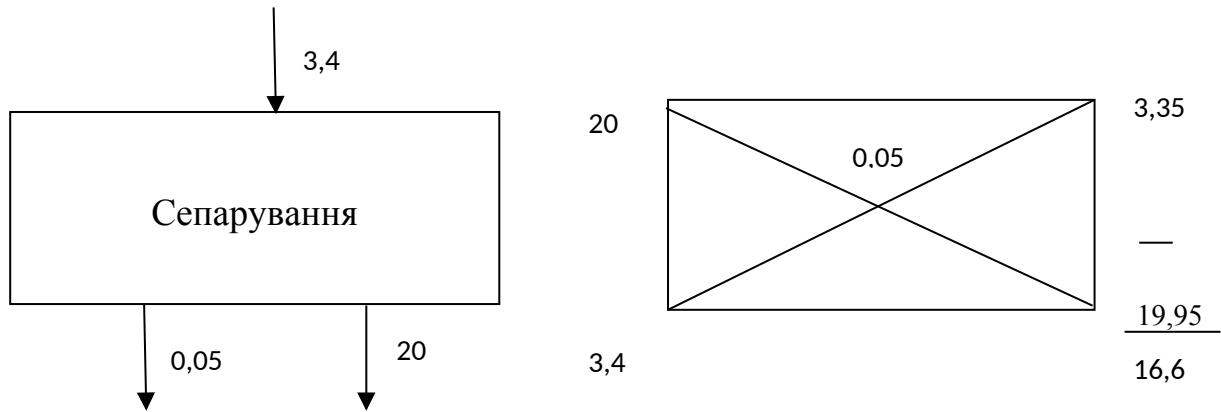
$$y = \frac{2537,5 \times 887,7}{1000} = 2252,53\text{кг}$$

$$y_1 = \frac{2537,5 \times 62,0}{1000} = 157,32\text{кг}$$

$$y_2 = \frac{2537,5 \times 50,3}{1000} = 127,61\text{кг}$$

$$y_3 = \frac{2537,5 \times 0,015}{1000} = 0,04 \text{ кг [35]}$$

Для отримання знежиреного молока під час сепарування в кількості 2252,53 кг, знаходимо масу молока-сировини, що нам знадобиться.



$$\frac{M_{0,05}}{16,6} = \frac{M_{3,4}}{19,95} = \frac{M_{20}}{3,35}$$

$$M_{3,4} = \frac{19,95 \times 2252,53}{16,6} \times \frac{100}{100 - 0,4} = 2717,97 \text{ кг}$$

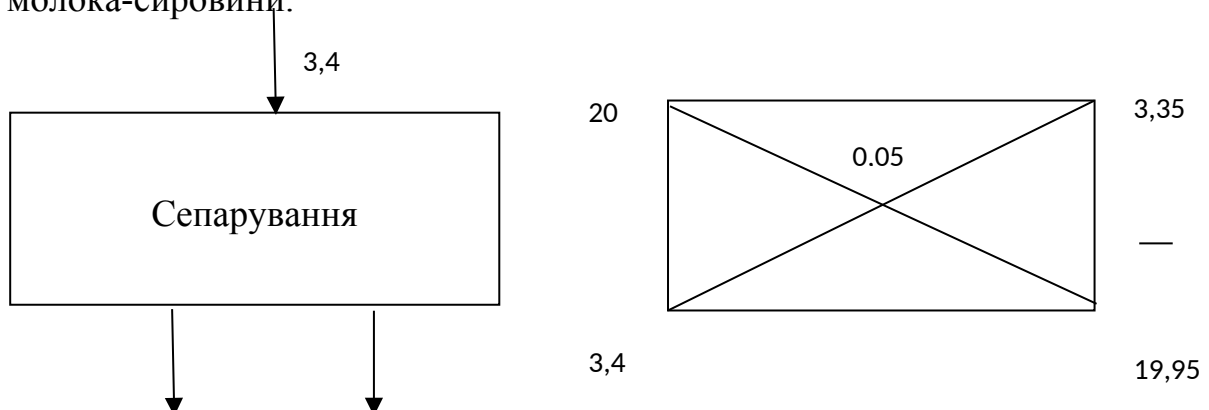
$$M_{20} = \frac{3,35 \times 2252,53}{16,6} \times \frac{100 - 0,07}{100} = 454,26 \text{ кг [35]}$$

Кефір знежирений

Маса нормалізованої суміші для 2000 кг готової продукції становить 2024,6 кг.

$$M_{\text{сум.}} = \frac{2000 \cdot 1012,3}{1000} = 2024,6 \text{ кг}$$

Щоб отримати цю кількість з вмістом жиру 0,05%, необхідно 2442,95 кг молока-сировини.



16,6

$$\frac{M_{0,05}}{16,6} = \frac{M_{3,4}^{0,05}}{19,95} = \frac{l_{20}}{3,35}$$

$$M_{3,4} = \frac{2024,6 \times 19,95}{16,6} \times \frac{100}{100-0,4} = 2442,95 \text{ кг}$$

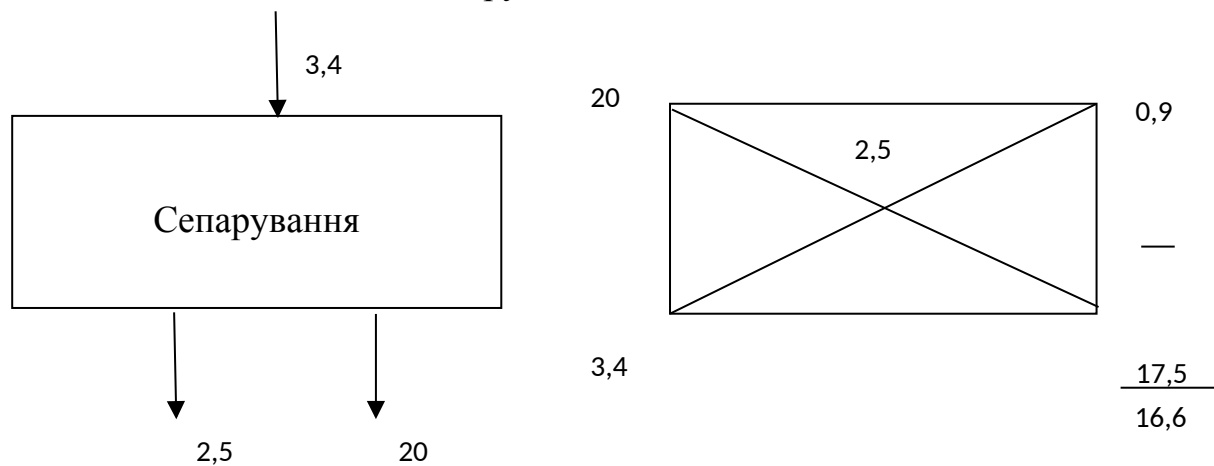
$$M_{20} = \frac{2024,6 \times 3,35}{16,6} \times \frac{100-0,07}{100} = 408,29 \text{ кг [32]}$$

Кефір 2,5%

Маса нормалізованої суміші з врахуванням втрат для виробництва 2000 кг готової продукції також становить 2024,6 кг.

$$M_{\text{сум.}} = \frac{2000 \cdot 1012,3}{1000} = 2024,6 \text{ кг}$$

Для її одержання потрібно 2142,94 кг молока-сировини, щоб одержати 2024,6 кг молока з вмістом жиру 2,5%:



$$\frac{M_{2,5}}{16,6} = \frac{M_{3,4}}{17,5} = \frac{M_{20}}{0,9}$$

$$M_{3,4} = \frac{2024,6 \times 17,5}{16,6} \times \frac{100}{100-0,4} = 2142,94 \text{ кг}$$

$$M_{20} = \frac{2024,6 \times 0,9}{16,6} \times \frac{100-0,07}{100} = 109,69 \text{ кг}$$

Сметана 20%

Визначаємо кількість сметани, яку можна отримати із вершків, які були отримані після сепарування

$$m_B = 82,27 + 454,26 + 408,29 + 109,69 = 1054,51 \text{ кг}$$

Маса сметани із врахуванням витрат становитиме:

$$1000 - 1010,1$$

$$X - 1054,51$$

$$X = \frac{1000 \times 1054,51}{1011,3} = 1042,73 \text{ кг [32]}$$

3.1.4. Зведена таблиця розрахунку продуктів

Таблиця 3.3 – Зведена таблиця розрахунку продуктів

№ п/п	Назва продукту	Маса готового продукту, кг	Маса молока-сировини 3,4%	Витрачено на виробництво, кг						Отрима- но при виро- бництві, кг
				Молоко 2,5%	Молоко 0,05%	Молоко сухе	Цукор	Ванілін	Вершки 20%	Вершки 20%
1	Просто- кваша	1500	1607,21	1518,45						82,27
2	Йогурт	2500	2717,97		2252,53	157,32	127,61	0,04		454,26
3	Кефір знежире ний	2000	2442,95		2024,6					408,29
4	Кефір	2000	2142,94	2024,6						109,69
5	Смета-на	1042,73							1054,51	
	Всього	9042,73	8911,07	3543,05	4277,13	157,32	127,61	0,04	1054,51	1054,51

3.2 Вибір та обґрунтування технологічних процесів і режимів виробництва

3.2.1 Вимоги до сировини, використаної для виробництва

Незбиране молоко є біологічно цінним продуктом, що має задовольняти встановлені гігієнічні, санітарні та технологічні вимоги з метою гарантування його безпечності та якості при споживанні. Його відповідність регламентується положеннями ДСТУ 3662:2018, який визначає систему показників, що охоплюють органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та санітарно-гігієнічні характеристики [30, 33].

Органолептичні властивості молока мають відповідати нормам: консистенція повинна бути рідкою та однорідною, без наявності сторонніх включень, осаду або згустків; колір — білий або з легким кремовим відтінком, природний для якісної сировини; смак і запах — чисті, характерні для свіжого молока, без сторонніх домішок, ознак кислуватості, гіркоти чи затхлості.

З точки зору санітарно-гігієнічних вимог, молоко повинно надходити лише з благополучних господарств. Його охолодження до температури не вище 4 °С одразу після доїння є необхідним для пригнічення росту мікрофлори. Для зберігання та транспортування слід використовувати тару, виготовлену з хімічно інертних матеріалів, що легко піддаються санітарній обробці й не взаємодіють із вмістом [30].

Фізико-хімічні та мікробіологічні параметри слугують основою для класифікації молока за гатунками — «Екстра», «Вищий» та «Перший». Допустимі межі кислотності для продукції «Екстра» та «Вищого» гатунків становлять 16–17 °Т, а для «Першого» — не перевищують 19 °Т [33].

Молоко усіх категорій має відповідати першій групі за чистотою згідно з еталонними показниками. Вміст сухих речовин варіюється в залежності від категорії: не менше 12,2% для «Екстра», 11,8% — для «Вищого» та 11,5% — для «Першого» гатунків.

Кількість соматичних клітин є ключовим критерієм оцінки фізіологічного стану молочної сировини: вона не повинна перевищувати 400 тис./см³ для гатунків «Екстра» та «Вищий» і 600 тис./см³ для «Першого». Загальна кількість МАФМ не має перевищувати 100 тис. КУО/см³ для «Екстра», 300 тис. КУО/см³ — для «Вищого» та 500 тис. КУО/см³ — для «Першого» гатунків.

Гігієнічна безпека молока додатково передбачає відсутність патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella* у 25 см³, *Staphylococcus aureus* у 0,1 см³ та *Listeria monocytogenes* у 25 см³ зразка незалежно від категорії сировини. Температурний режим зберігання також стандартизований: для молока гатунку «Екстра» — не вище 6 °С, «Вищого» — до 8 °С, а для «Першого» — не вище 10 °С. Сукупність цих норм спрямована на забезпечення високої якості та мікробіологічної стабільності продукту на всіх етапах виробництва [33].

Кристалічний цукор, як концентрований вуглеводний продукт, що отримується переважно шляхом переробки цукрового буряку або цукрової тростини, повинен відповідати вимогам чинних державних стандартів, зокрема ДСТУ 4623:2006. Якість цукру визначається комплексом органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних характеристик, які є обов'язковими для контролю у процесі виробництва [34].

За органолептичними характеристиками кристалічний цукор має бути однорідним за структурою, без злежаності, грудкуватості або сторонніх включень. Залежно від категорії, колір продукту варіюється: для білого цукру характерна безбарвна або біла кристалічна маса з можливим блиском; допускається незначний жовтуватий відтінок у межах допустимих норм. Смак

та запах повинні бути типовими для цукру — солодкими, без сторонніх запахів, ознак бродіння чи карамелізації [34].

Фізико-хімічні значення включають масову частку сахарози, вологість, вміст редукуючих речовин, зольність та колір. Високоякісний продукт повинен містити не менше 99,75 % сахарози у перерахунку на суху речовину. Гранична масова частка води становить 0,1 %, що сприяє подовженню терміну зберігання та зниженню ризику мікробіологічного псування. Вміст редукуючих речовин (у перерахунку на інвертний цукор) обмежений, оскільки їх підвищена концентрація свідчить про недостатню ефективність очищення [34].

Зольність визначається за масовою часткою безводного залишку, що є індикатором ступеня очищення цукру, і не повинна перевищувати 0,02 %. Прозорість водного розчину кристалічного цукру оцінюється фотометричними методами та має відповідати встановленим нормативам залежно від типу продукції, зокрема для білого чи рафінованого цукру [34].

Мікробіологічна безпечність цукру забезпечується відсутністю у встановлених об'ємах проб патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, а також низьким загальним рівнем бактеріального забруднення. Завдяки високому осмотичному тиску, притаманному кристалічному цукру, розвиток мікрофлори значно пригнічується, що забезпечує високу мікробіологічну стабільність за умов дотримання відповідних санітарно-гігієнічних норм у процесі виробництва та зберігання.

Згідно з мікробіологічними критеріями безпечності, встановленими для цукру, кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів не повинна перевищувати $1,0 \times 10^3$ колонієутворювальних одиниць (КУО) в 1 г продукту. Допустимий рівень контамінації плісневими грибами та дріжджами становить не більше ніж $1,0 \times 10$ КУО в 1 г [34].

Вимоги державного стандарту також охоплюють умови зберігання та транспортування кристалічного цукру з метою забезпечення збереження його якості та безпечності протягом усього терміну придатності. Зберігання продукту має здійснюватися у сухих, чистих і добре вентильованих складських

приміщеннях за температури не вище 40 °C та відносної вологості повітря, що не перевищує 70 %. Упаковка повинна бути герметичною, виготовленою з матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, та гарантувати захист від впливу вологи, пилу та сторонніх запахів. Транспортування цукру має здійснюватися відповідно до встановлених норм, які унеможливають механічні пошкодження, злежування продукту й втрату його товарного вигляду.

Ванілін є ароматичною органічною речовиною, що належить до групи фенольних альдегідів і виступає основним компонентом, який формує характерний запах і смак натуральної ванілі. Згідно з вимогами ДСТУ 1009:2005, ванілін повинен відповідати встановленим нормативам якості та безпечності [35].

Органолептичні властивості ваніліну визначаються його зовнішнім виглядом і запахом: це кристалічний порошок білого або світло-жовтого кольору з виразним характерним ароматом ванілі. Завдяки солодкуватому смаку ванілін широко застосовується у виробництві молочних продуктів, кондитерських виробів, ароматизованих напоїв та інших харчових продуктів [35].

Фізико-хімічні характеристики ваніліну включають температуру плавлення в межах 80–82 °C, що є стабільним показником його термічних властивостей. Він помірно розчинний у воді — у співвідношенні 1:20 при температурі 80 °C, добре розчиняється у 95%-му етиловому спирті (2:1) за умови слабкого нагрівання, а також у сірчаній кислоті у тому ж співвідношенні. Масова частка ваніліну становить не менше 99,0 %, що свідчить про високий рівень очищення продукту. Вміст золи не перевищує 0,05 %, що відповідає вимогам до якості, встановленим для харчової та фармацевтичної продукції [35].

Вершки є цінним молочним продуктом із високою поживною цінністю, що отримується внаслідок сепарування незбираного молока та відповідають ДСТУ 7519:2014. У структурному відношенні вони являють собою тонкодисперсну емульсію типу «жир у воді» [36].

Органолептичні властивості вершків повинні відповідати встановленим вимогам. Продукт має бути однорідною, в'язкою, непрозорою рідиною білого кольору з характерним кремовим відтінком. У процесі зберігання допускається утворення тонкого шару жиру на поверхні, який повністю зникає після перемішування. Консистенція повинна бути рівномірною, без наявності пластівців коагульованого білка або згустків жиру. Смак і запах мають бути типовими для свіжих вершків — м'якими, ніжними, допускається легкий присмак кип'ятіння, за умови відсутності сторонніх домішок або ознак псування.

Основним якісним показником є масова частка жиру, яка, залежно від виду вершків, становить щонайменше 8,0 % і може досягати 20–35 % у продуктах підвищеної жирності. Цей параметр визначає енергетичну цінність вершків, а також впливає на їхні смакові характеристики, густину, в'язкість і стабільність емульсійної структури [36].

Показник кислотності є індикатором ступеня свіжості вершків і активності мікрофлори. У межах нормативних значень кислотність не перевищує допустимих показників, встановлених для відповідного типу продукції, і визначається в градусах Тернера. Перевищення встановлених меж може свідчити про порушення умов зберігання або мікробіологічне забруднення [36].

Фізико-хімічні параметри включають також щільність і в'язкість. Щільність вершків визначається співвідношенням жирової та плазмової фаз і зменшується зі зростанням вмісту жиру. Для продукту з вмістом жиру 10–20 % щільність коливається в межах 1010–1025 кг/м³ при температурі 20 °С. В'язкість, як реологічний показник, відображає рівень емульгування та стабільності жирової фази і має важливе значення у технологічному процесі [36].

Крім того, визначається термостійкість вершків, зокрема показники зсідання білка при кип'ятінні та стійкість до механічного й термічного впливу.

Молоко сухе швидкорозчинне має відповідати вимогам, визначеним державним стандартом ДСТУ 4273:2015 [37].

Основною сировиною для його виробництва є натуральне коров'яче молоко, з якого під час технологічної обробки видаляють частину вологи. Молоко, що надходить на сушіння, повинно відповідати встановленим нормативам щодо фізико-хімічних характеристик, мікробіологічної чистоти та не містити сторонніх домішок. Процес виготовлення проводять у суворих санітарно-гігієнічних умовах, що забезпечує мікробіологічну безпеку кінцевого продукту.

Фізико-хімічні показники сухого молока відзначаються стабільністю та відповідністю регламентованим стандартам. Масова частка вологи у готовому порошку не перевищує 4 %, що сприяє тривалому зберіганню без втрати якості. Вміст жиру становить не більше 1,5 %, що характерно для знежиреного сухого молока. Індекс розчинності продукту не повинен бути більшим за 0,2 см³ сирого осаду, а швидкість розчинення має бути не нижчою за 60 %, що вказує на високу дисперсність порошку у воді. Масова частка фосфоліпідів обмежується рівнем 0,5 %, титрована кислотність відновленого молока (при 12 % сухих речовин) не перевищує 20 °Т, а показники чистоти відповідають не нижче II групи [37].

Важливим критерієм якості є мікробіологічна безпека сухого молока. Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів не повинна бути більшою ніж 5×10^4 КУО у 1 г продукту. У складі сухого молока не допускається наявність бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів, зокрема *Salmonella*, а також *Staphylococcus aureus*, що підтверджує його високу санітарну якість і безпечність для споживання [37].

Сухе молоко повинно мати приємний, властивий свіжому молоку смак і запах, без сторонніх присмаків чи ароматів. Консистенція — рівномірний сухий порошок з агломерованих часточок, допускається мінімальна кількість легко розсипчастих грудочок. Колір — білий або з легким кремовим відтінком, однорідний по всій масі [37].

Для забезпечення безпечності споживання встановлено нормативи вмісту токсичних елементів у сухому молоці: концентрація свинцю не повинна

перевищувати 0,1 мг/кг, миш'яку — 0,05 мг/кг, кадмію — 0,03 мг/кг, а ртуті — 0,005 мг/кг [37].

3.2.2 Опис загальних операцій виробництва

Для кисломолочних напоїв технологічний процес передбачає послідовне виконання етапів і операцій, що забезпечують отримання кінцевого продукту з оптимальними органолептичними та фізико-хімічними властивостями. На підприємстві застосовується резервуарний метод виготовлення, що передбачає проведення процесів сквашування та визрівання у спеціальних резервуарах з подальшим розливом готового продукту у споживчу тару [38].

Сировину-молоко, яке надходить на підприємство, піддають контролю згідно з вимогами ДСТУ 3662:2018. На цьому етапі здійснюється оцінка органолептичних характеристик, визначаються такі показники, як титрована кислотність, густина, вміст жирності та білка. За необхідності проводиться додатковий аналіз інших показників якості. Температура молока при надходженні не повинна перевищувати 10 °С. Після приймання молоко перекачують насосом, визначають його масу, здійснюють очищення від механічних домішків та охолоджують до температури 4 ± 2 °С. Після цього сировину тимчасово резервують до подальшої обробки [38].

Процес нормалізації молока здійснюється шляхом сепарування із застосуванням сепаратора-вершковідділювача. Температурний режим, що забезпечує оптимальні умови сепарування, становить 35–45 °С.

Підвищення температури нагрівання у межах 60–80 °С призводить до інтенсивного спінювання вершків та знежиреного молока, дестабілізації жирових глобул і, як наслідок, до збільшення втрат жиру. Одним із ключових чинників, що визначає ефективність теплової обробки, є рівень кислотності, оскільки його підвищення спричиняє істотні зміни у фізико-хімічних характеристиках білкових колоїдних систем молока.

Пастеризацію молока проводять із використанням пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних апаратів, основним призначенням яких є знищення патогенної мікрофлори та збереження поживної й біологічної цінності продукту. Технологічний процес передбачає нагрівання до 85–87 °С з витримуванням упродовж 5–10 хвилин або до 90–95 °С із витримкою 5–6 хвилин, що забезпечує ефективну пастеризацію без суттєвих змін у складі молока.

У виробництві кисломолочних напоїв пастеризація поєднується з процесом гомогенізації, що забезпечує рівномірний розподіл жиру та стабільність емульсійної структури. Оптимальний температурний діапазон для гомогенізації становить 55–70 °С; при температурах нижче 50 °С ефективність процесу знижується, що супроводжується виділенням вершків [38].

Після пастеризації суміш охолоджують до температури, необхідної для заквашування, та вносять закваску. Отриману масу ретельно перемішують для забезпечення рівномірного розподілу мікрофлори, після чого відбувається процес сквашування тривалістю 6–8 годин. По завершенні ферментації кисломолочний продукт охолоджується до температури 4–6 °С, фасується у споживчу тару та надходить до холодильних камер на тимчасове зберігання до моменту реалізації [38].

3.2.3 Опис технології виробництва запроєктованого асортименту

Молоко, що відбирається з автоцистерни (поз. 1-1), спрямовується до автомату для приймання (поз. 1-2), де здійснюється контроль його маси та об'єму з метою забезпечення точності обліку і подальшої технологічної обробки. На цій установці також здійснюється первинне видалення механічних домішок із сировини, що забезпечує її початкове технологічне очищення. Після зазначених операцій молоко подають до пластинчастого охолоджувача (поз. 1-3), де його температура знижується до рівня 2...8 °С. Це забезпечує сповільнення інтенсивності мікробіологічних процесів.

Охолоджене молоко транспортують до резервуара (поз. 1-4), де вона підлягає короткочасному зберіганню до моменту подальшого залучення в технологічний процес.

Для проведення процесу нормалізації за вмістом жиру, молоко нагрівають на теплообміннику (поз. 2-3) до 35...40 °С, після чого воно надходить до сепаратора-нормалізатора (поз. 2-5) для відокремлення жиру та досягнення необхідного показника жирності відповідно до технологічних вимог.

Вершки м.ч.ж. 20 % , отримані в процесі нормалізації, спрямовують до охолоджувальної установки, де їх температура знижується до 4...8 °С. Після охолодження вершки подають до ємності з міжстінним простором (поз. 2-8), для проміжного зберігання до подальших технологічних операцій.

Нормалізоване молоко м.ч.ж. 2,5 % повторно подають на підігрів у теплообмінну установку (поз. 2-3), де його температурний режим доводять до 62...63 °С для підготовки до процесу гомогенізації. Після цього підігріте молоко подають до гомогенізатора (поз. 2-6), у якому під дією високого тиску відбувається диспергування жирових кульок, що забезпечує підвищення стійкості продукту до відстоювання.

Прогомогенізоване молоко подають до ТПОУ (поз. 2-3), у якому здійснюється його пастеризація при 92...95 °С. Надалі продукт підлягає охолодженню до температурного режиму, оптимального для внесення закваски (в межах 32...45 °С), та перекачують у резервуари для подальшої ферментації.

Окрему частину знежиреного молока також подають до пастеризатора (поз. 2-3), де воно проходить пастеризаційну обробку, після чого охолоджується до температурного діапазону 23...25 °С, необхідного для процесів заквашування та подальшого сквашування, Далі його спрямовують у змішувальну ємність, обладнану мішалкою.

Залишок знежиреного молока, попередньо підігрітого до необхідної температури, подається до резервуара, в якому здійснюється змішування з рецептурними складниками для виготовлення йогурту відповідно до заданих технологічних параметрів.

Виготовлення кефіру знежиреного та кефіру м.ч.ж. 2,5%

До ємкості (поз. 2-16) із молоком м.ч.ж. 0,5% та у резервуар (поз. 2-17) із молоком м.ч.ж. 2,5%, вносять закваску прямого внесення. Після додавання заквасочного препарату обидві суміші підлягають ретельному перемішуванню з метою рівномірного розподілу мікроорганізмів, після чого залишають у стані спокою для проведення процесу сквашування. Процес сквашування триває протягом 8–12 годин при оптимальних температурах до формування молочно-білкового згустку з кислотністю 85–100 °Т. Після утворення згустку суміш поступово охолоджують до 14 °С, здійснюють обережне перемішування протягом 10–30 хвилин, а потім повторно витримують у спокої для подальшого дозрівання.

Фаза дозрівання триває протягом 9–13 годин, у ході якої відбувається формування структурних характеристик, смакових та ароматичних властивостей кефіру. Після завершення процесу дозрівання суміш піддають повторному перемішуванню та витримують протягом 1–2 годин для остаточного стабілізування її фізико-хімічних характеристик.

Сумарна тривалість технологічного процесу від моменту внесення закваски до завершення дозрівання становить не менше 23–24 годин.

Готовий продукт фасують у поліетиленові пакети об'ємом 0,5 л (поз. 3-2) та направляють до холодильної камери, де відбувається охолодження до 6 °С, що сприяє досягненню необхідної в'язкості та стабільності кисломолочного напою перед реалізацією.

Виготовлення йогурту м.ч.ж 1,5%

У ємності (поз. 2-10) здійснюють змішування знежиреного молока, сухого молока, ваніліну та цукру. Після інтенсивного перемішування отриману суміш пропускають через фільтр (поз. 2-11) на пластинчастий теплообмінник (поз. 2-12), де її підігрівають до температури, необхідної для проведення гомогенізації. Далі суміш спрямовують до гомогенізатора (поз. 2-13), де її обробляють при 62–63 °С і тиску 10–15 МПа. Прогомogenізований продукт повторно пропускають

через ТПОУ (поз. 2-12), де його піддають пастеризації при 85–90 °С, після чого охолоджують до температури, необхідної для заквашування.

Охолоджену суміш подають у резервуар (поз. 2-14), куди додають закваску прямого внесення. Процес ферментації триває протягом 4–5 годин при температурі 40–42 °С до утворення згустку з характерними органолептичними показниками. Охолоджену та сквашену суміш подають на фасувальний автомат (поз. 3-1), де її дозують у пакети по 500 г.

Фасований йогурт направляється до холодильної камери для остаточного охолодження та стабілізації консистенції перед реалізацією.

Виготовлення простокваші м.ч.ж. 2,5%

Пропастеризоване молоко м.ч.ж. 2,5 % охолоджують до 41–45 °С і направляють у резервуар (поз. 2-15), куди одночасно додають закваску. Далі суміш перемішують і залишають у стані спокою для перебігу процесу сквашування. Тривалість процесу ферментації становить 3–5 годин і визначається температурними умовами, активністю мікрофлори та фізико-хімічними властивостями сировини.

Завершення процесу сквашування визначають за формуванням щільного згустку. Наступним етапом є фасування готового продукту. Розлив здійснюють за допомогою пакувального автомата (поз. 3-2) у пакети об'ємом 0,5 л.

Фасований продукт перемішують у холодильну камеру, де відбувається завершальне формування згустку та його охолодження до температури зберігання 6–8 °С.

Виготовлення сметани м.ч.ж 20%

Вершки з ємності (поз. 2-8) подають у пастеризатор (поз. 2-12) для нагрівання до температури, необхідної для гомогенізації (поз. 2-13), яку здійснюють при 60–80 °С. Після гомогенізації вершки повторно пропускають через теплообмінник (поз. 2-12) для пастеризації при 87–89 °С та наступного охолодження до температури заквашування (32–36 °С). Охолоджені вершки надходять у ємність, де одночасно додають закваску прямого внесення.

Суміш витримується при температурі 32...36 °С протягом 6–18 годин, до досягнення заданого рівня кислотності та формування згустку.

Після досягнення необхідної кислотності згусток піддають охолодженню до температури 8...10 °С і здійснюють його механічне перемішування до отримання однорідної кремоподібної маси. Даний етап гарантує стабільність структури продукту та його придатність до фасування. Готову сметану розфасовують у стакани по 250 г (поз. 3-3).

Фасовану продукцію піддають охолодженню до температури зберігання 0–6 °С і витримують у холоді протягом 12–24 годин для стабілізації її структури.

Вимоги нормативної документації даних продуктів:

Йогурт є ферментованим молочним продуктом із високою харчовою цінністю, який виробляють за допомогою сквашування нормалізованого молока чистими культурами молочнокислих мікроорганізмів та відповідає ДСТУ 4343:2004. Основними заквасочними штамами, що застосовуються у процесі виробництва, є *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (болгарська паличка) та *Streptococcus thermophilus*. У результаті їхньої активності відбувається накопичення молочної кислоти, що спричиняє коагуляцію білків, зниження рН середовища та формування характерного кислуватого смаку й густої консистенції. Продукт характеризується підвищеним умістом сухих речовин, що позитивно впливає на текстуру та стабільність кінцевого продукту [39].

Органолептичні властивості йогурту відповідають встановленим вимогам до якості. Консистенція має бути гладкою, однорідною, кремоподібною, з різним ступенем густоти — від м'якої до щільної, що зумовлюється вмістом жиру, білка, сухих речовин, а також технологічними особливостями виробництва. Смак характеризується легким кислуватим відтінком, який може варіюватися залежно від тривалості ферментації та присутності додаткових компонентів — фруктових, ягідних чи інших наповнювачів. Аромат йогурту — приємний, виражено молочний, з можливими ароматичними нотками інгредієнтів, що вводяться в процесі виготовлення. Колір продукту варіює в межах від білого до

світло-жовтого і має бути рівномірним по всій масі; у випадку використання добавок, колір зумовлюється властивостями застосованого наповнювача [39].

Вміст жиру в йогуртах визначається залежно від їхньої категорії: у нежирних видах масова частка жиру становить не більше 1,0 %; у продуктах із пониженим вмістом жиру — коливається в межах 1,5–6,0 %; тоді як у вершкових йогуртах цей показник перевищує 6,0 %. Вміст сухих знежирених речовин повинна бути не меншою за 9,5 %, що забезпечує належну текстуру, стабільність та поживну цінність продукту [39].

Кислотність йогурту є ключовим показником, що характеризує ступінь молочнокислого бродіння. Титрована кислотність має бути в межах 80–140 °Т, а активна кислотність, визначена за рН, — у межах 4,4–4,0. Вміст сахарози не повинна бути нижчою за 5,0 %, що формує відповідний смак продукту [39].

Ферментативна активність, зокрема наявність пероксидази або кислої фосфатази, у готовому продукті не допускається, що свідчить про належне проведення термічної обробки та відповідність санітарно-гігієнічним вимогам. Температура йогурту на момент випуску з підприємства повинна становити 4 ± 2 °С, що є критичним параметром для забезпечення мікробіологічної стабільності та збереження органолептичних властивостей упродовж усього терміну зберігання [39].

Мікробіологічні характеристики йогурту встановлюються згідно з вимогами чинної нормативної бази, що гарантує його безпеку та відповідний рівень якості. У готовому продукті вміст молочнокислих бактерій (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*) повинен становити щонайменше 10^7 КУО на 1 см³. Присутність бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) у 0,1 см³, а також патогенних мікроорганізмів, зокрема *Salmonella*, у 25 см³ зразка є недопустимим. Крім того, продукт не повинен містити *Staphylococcus aureus* у кількості 1,0 см³ [39].

Гранично допустимий вміст дріжджів та плісневих грибів становить не більше 50 КУО в 1 см³ продукту. Перевищення цього показника може свідчити

про недотримання умов гігієни під час виробництва, порушення термічного режиму або технології зберігання.

Кефір виготовляють відповідно до технологічної інструкції із забезпеченням дотримання вимог нормативного документа ДСТУ 4417:2005 [40].

Кефір має однорідну, в'язку структуру, що може містити згусток — як цілісний, так і порушений — залежно від обраної технології виготовлення. Допускається утворення газів, що виникають природним чином унаслідок активності мікрофлори закваски, а також можливе незначне відділення сироватки.

Смакові та ароматичні характеристики кефіру повинні бути властивими кисломолочному продукту: чистий, приємно кислуватий смак, без сторонніх запахів і присмаків.

Колір — рівномірний по всій масі, молочно-білий [40].

Мікробіологічні вимоги передбачають наявність у продукті щонайменше 1×10^5 колонієутворювальних одиниць (КУО) молочнокислих бактерій та дріжджів у 1 см³. Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) не повинні бути виявлені в 1 см³ продукту. Патогенні мікроорганізми, зокрема представники роду *Salmonella*, мають бути відсутні у 25 см³ зразка. Крім того, у 1 см³ кефіру не допускається наявність *Staphylococcus aureus*. Максимально допустима кількість пліснявих грибів не повинна перевищувати 50 КУО на 1 см³ [40].

Простокваша є ферментованим молочним продуктом, виробництво якого регламентується вимогами стандарту ДСТУ 4539:2006. У процесі сквашування під дією молочнокислих бактерій відбувається ферментація лактози з утворенням молочної кислоти, що зумовлює зниження рН та надає продукту характерного кислого смаку [41].

Органолептичні властивості простокваші залежать від технологічних параметрів виробництва. Консистенція продукту, як правило, однорідна, м'яка,

з кремоподібною текстурою. Смакові властивості визначаються вмістом молочної кислоти та активністю мікрофлори і коливається від помірно кислого до виразно кислого. Аромат простокваші зазвичай нейтральний або має легкий молочний відтінок [41].

Фізико-хімічні показники якості простокваші мають відповідати встановленим нормативним вимогам. Масова частка жиру в продукті може варіюватися в межах від 0 до 8,0 %, що дозволяє виробляти як знежирені, так і жирні варіанти даного продукту залежно від споживчих потреб. Мінімальний вміст білка не повинен бути нижчим за 2,7 %, що забезпечує належну поживну цінність [41].

Кислотність простокваші є одним із ключових параметрів і оцінюється як за титрованим методом (у градусах Тернера), так і за показником активної кислотності (pH). Відповідно до нормативів, титрована кислотність повинна знаходитись у межах 75–130 °Т, а активна кислотність — у межах pH 4,5–3,8. Ці показники свідчать про ступінь ферментації та забезпечують стабільність продукту [41].

Фосфатазна активність у готовій продукції має бути відсутньою, що підтверджує достатність термічної обробки та безпечність продукту. Температура простокваші на момент відпуску з підприємства повинна становити 4 ± 2 °С, що є необхідним для збереження мікробіологічної стабільності та органолептичних властивостей протягом усього терміну зберігання [41].

Сметана є ферментованим молочним продуктом, який отримують шляхом сквашування нормалізованих пастеризованих вершків чистими культурами молочнокислих бактерій. У виробництві сметани переважно застосовують мезофільні штами бактерій роду *Lactococcus*, зокрема *Lactococcus lactis* та *Lactococcus cremoris*, а в окремих випадках — з додаванням термофільного стрептокока *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. У процесі життєдіяльності цих мікроорганізмів відбувається інтенсивне накопичення молочної кислоти, внаслідок чого знижується pH середовища, здійснюється

коагуляція молочних білків і формується характерна однорідна, густа консистенція продукту [42].

Вимоги до технології виробництва, складу заквасної мікрофлори, параметрів теплової обробки та якості готової продукції регламентуються чинним стандартом ДСТУ 4414:2005. Згідно з цим нормативним документом, сметана повинна відповідати встановленим критеріям за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними характеристиками. Зокрема, контрольними характеристиками є консистенція продукту, титрована кислотність, вміст жиру, а також мікробіологічна безпечність, що включає відсутність патогенної мікрофлори й відповідність рівня загальної контамінації нормативним межам [42].

Органолептичні показники сметани характеризуються рядом визначених критеріїв, що регламентуються нормативною документацією. Зовнішній вигляд і консистенція продукту повинні відповідати однорідній масі з глянцевою поверхнею та густою текстурою. Допускається незначна недостатня густота, наявність поодиноких бульбашок повітря, слабка крупинчастість [42].

Смакові характеристики визначаються як чисті, кисломолочні, з типовим для пастеризованих вершків ароматом, що утворюється внаслідок молочнокислого бродіння. Сторонні запахи або присмаки недопускаються.

Колір сметани має бути білим із рівномірним кремовим відтінком по всій масі продукту, без вкраплень або нерівномірності забарвлення, що свідчить про однорідність і стабільність готової продукції [42].

Фізико-хімічні значення сметани регламентуються встановленими нормативами, які забезпечують її якість та безпечність для споживання. Вміст жиру залежить від виду продукції і повинна знаходитися в межах від 15 % до 40 %. Кислотність сметани визначається двома показниками: титрованою кислотністю, що повинна становити від 60 до 100 °Т, та активною кислотністю, вимірюваною за шкалою рН, з нормативним діапазоном від 4,8 до 4,2 [42].

Показник фосфатазної активності в готовій продукції має бути відсутнім, що свідчить про правильне проведення пастеризації. Температура сметани на

момент випуску з підприємства повинна відповідати значенню $4 \pm 2^\circ\text{C}$, що гарантує належні умови зберігання та подальшого транспортування [42].

Мікробіологічні характеристики сметани повинні відповідати встановленим нормативам, що гарантують її безпечність та мікробіологічну стабільність. Кількість життєздатних молочнокислих бактерій у продукті має становити не менше ніж 1×10^5 КУО в 1 г, що є показником активності заквасочної мікрофлори та ефективності процесу сквашування.

У 0,001 г продукту не допускається наявність БГКП (коліформ), що свідчить про відповідність гігієнічним вимогам і відсутність фекального забруднення. У 25 г сметани не повинні виявлятися патогенні мікроорганізми, включаючи *Salmonella* spp., а також *Staphylococcus aureus* у кількості 1 г, що підтверджує санітарну безпеку продукції [42].

Кількість дріжджів і плісневих грибів у сметані не повинна перевищувати 50 КУО в 1 г. Дотримання цих меж є критичним для запобігання процесам бродіння, псування та зміни органолептичних властивостей продукту протягом терміну зберігання [42].

3.2.4 Організація технохімічного і мікробіологічного контролю виробництва запроектованого асортименту

Технохімічний контроль у молочній промисловості є складовою частиною системи забезпечення якості та безпечності продукції. Його мета полягає в постійному моніторингу фізико-хімічних, органолептичних, мікробіологічних та технологічних показників як сировини, так і готових виробів на всіх етапах виробничого процесу. Даний вид контролю дає змогу своєчасно виявляти відхилення від нормативних вимог, оперативно реагувати на них і запобігати потраплянню неякісної продукції до споживача [43].

У процесі технохімічного контролю здійснюється оцінювання якісних характеристик молока-сировини, допоміжних компонентів, напівфабрикатів, а

також готової продукції. Контроль охоплює визначення таких показників, як вміст жирності, білка, сухих речовин, кислотності, густини, температури, чистоти та відсутності домішок. Здійснення технохімічного контролю передбачає застосування як стандартних методик, затверджених відповідними державними нормативами. Важливою умовою ефективності контролю є його системність та інтегрованість у технологічний процес. Це передбачає проведення вхідного контролю сировини, оперативного контролю під час виробництва (у тому числі моніторингу критичних контрольних точок), а також вихідного контролю готової продукції [43].

Отримані результати технохімічного контролю фіксуються у відповідній документації, що є підставою для подальших управлінських рішень щодо допуску продукції до реалізації або проведення коригувальних заходів у разі виявлення невідповідностей. Таким чином, технохімічний контроль виконує не лише функцію перевірки якості, а й слугує інструментом управління виробничими процесами, забезпечуючи їх стабільність, оптимізацію та відповідність стандартам безпеки харчових продуктів [43].

Мікробіологічний контроль у молочній промисловості є критично важливим елементом системи забезпечення якості та безпечності продукції, оскільки дозволяє виявляти та оцінювати наявність мікроорганізмів у сировині, проміжних та готових продуктах, а також на виробничому обладнанні, у воді та повітряному середовищі виробничих приміщень. Основною метою цього виду контролю є забезпечення відповідності мікробіологічних показників встановленим гігієнічним нормативам, запобігання поширенню патогенних мікроорганізмів та забезпечення санітарно-епідеміологічних норм на всіх етапах виробництва [44].

Оцінювання мікробіологічної якості молока та молочних продуктів включає визначення загальної кількості життєздатних мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, кількості бактерій групи кишкової палички, ентерококів, патогенних мікроорганізмів (зокрема, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*), а також рівня контамінації

дріжджами та пліснявими грибами. Дані показники є регламентованими згідно з державними стандартами та санітарними правилами, відповідно до категорії продукції та умов її подальшого використання.

Методи мікробіологічного контролю базуються на використанні класичних культуральних способів із застосуванням живильних середовищ, що дозволяють кількісно та якісно оцінити мікробіоту досліджуваного зразка.

Мікробіологічний контроль також охоплює оцінку санітарного стану виробничого обладнання та інвентарю шляхом змивів з поверхонь, дослідження зразків повітря та води, що використовуються у технологічних процесах. Регулярне проведення таких досліджень дозволяє вчасно ідентифікувати джерела контамінації, оцінити ефективність санітарної обробки та запобігти розповсюдженню мікроорганізмів у виробничому середовищі [43, 44].

Результати мікробіологічного контролю є основою для прийняття управлінських рішень у рамках систем якості, зокрема НАССР, і забезпечують простежуваність та контроль за безпечністю продукції протягом усього виробничого циклу.

Крім контролю кінцевої продукції, мікробіологічний нагляд здійснюється також у точках потенційного мікробіологічного ризику, що передбачає реалізацію принципів превентивного управління безпечністю харчових продуктів. Особливу увагу приділяють моніторингу критичних контрольних точок (ККТ), де ймовірність мікробного забруднення є найвищою, наприклад, на етапах пастеризації, ферментації, фасування та зберігання.

Таким чином, мікробіологічний контроль відіграє ключову роль у стабілізації технологічних процесів, гарантуванні мікробіологічної безпеки та збереженні споживчих властивостей молочних продуктів [43, 44].

Таблиця 3.4 – Схема ТХК виробництва кефіру знежиреного

№ п/п	Об'єкт	Контрольований показник	Періо- дичність	Відбір проб	Метод контролю, вимірювальні прилади
1	2	3	4	5	6
1	Молоко незбиране, молоко знежирене, вершки	Органолептичні показники	Щоденно з кожної партії	У кожній транспо- ртній ємності	Органолептично
		Маса, кг Об'єм, дм ³	„	„	Ваги, лічильник ДСТУ 6066:2008
		Температура, °C	„	Те саме	Термометр, логометр ДСТУ 6066:2008
		Кислотність, °T	„	„	Титриметричний
		Масова частка жиру, %	„	„	Кислотний метод Гербера
		Густина, кг/м ³	„	„	Ареометричний, ДСТУ 6082:2009
		Група чистоти	„	„	Фільтрування молока і порівнювання фільтру з еталоном, ДСТУ 6083:2009
2	Зберігання молока, що надійшло	Бактеріальне обсмінення	Раз в 10 днів	В об'єднаній пробі від кожної партії	Редуктазна проба, ДСТУ 7357:2013
		Температура, °C	Кожні 3 години (t 4-6 °C)	З кожної місткості	Термометр, логометр, ДСТУ 6066:2008
		Кислотність, °T <u>pH</u>	„	„	Титриметричний <u>pH-метр</u>
3	Молоко перед нормаліза- цією	Органолептичні показники	Щоденно	У кожній партії	Органолептично
		Кислотність, °T	„	„	Титриметричний
		Масова частка жиру, %	„	„	Кислотний метод Гербера
		Густина, кг/м ³ ,	„	„	ДСТУ 6082:2009

		Маса, кг, об'єм, м ³	"	"	ДСТУ 6066:2008
4	Молоко після нормалізації	Органолептичні показники	"	"	Органолептично
		Масова частка жиру, %	"	"	Кислотний метод Гербера
		Кислотність, °Т	"	"	Титриметричний
		Густина, кг/м ³	"	"	ДСТУ 6082:2009
		Маса, кг, об'єм, м ³	"	"	Ваги, лічильник ДСТУ 6066:2008
5	Очищення нормалізова- ної суміші	Температура, °С	"	"	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
6	Гомогенізація	Температура, °С	"	"	Автоматична система контролю
		Тиск, МПа	"	"	Манометр
		Ефективність гомогенізації	"	"	Центрифугуванням
7	Пастеризація суміші	Температура, °С	"	"	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Тривалість витримки, с	"	"	Годинник
		Ефективність пастеризації	"	"	Проба на фосфатазу ДСТУ 7380:2013
8	Охолодження суміші до температури заквашування	Температура, °С	"	"	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
9	Заквашування суміші (закваска)	Маса, кг	"	"	Ваги, ДСТУ 6066:2008
		Кислотність, °Т	"	"	Титриметричний
		Кислотність, рН	"	"	рН-метр
		Температура, °С	"	"	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008

10	Заквашена суміш	Масова частка жиру, %	Щоденно	В кожній місткості	Кислотний метод Гербера
		Температура, °C	„	„	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
11	Сквашування суміші	Температура, °C	„	„	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Тривалість сквашування, год	„	„	Годинник
		Кислотність, °T	В кінці	„	Кислотний метод Гербера
		Кислотність, pH	„	„	pH-метр
		В'язкість*	„	„	Прилади ВКН або ІК
12	Перемішування згустку і охолодження	Тривалість витримки, хв	Щоденно	„	Годинник
		Температура, °C	„	„	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
13	Дозрівання	Температура, °C	„	„	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Тривалість, год	„	„	Годинник
14	Продукт перед розливом	Органолептичні показники	„	„	Органолептично
		Температура, °C	„	„	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Масова частка жиру, %	„	„	Кислотний метод Гербера
		Ефективність пастеризації	„	„	Наявність фосфатази чи пероксидази, ДСТУ 7380:2013
		Кислотність, °T	„	„	Титрометричний
15	Продукт у процесі розливу	Масова частка жиру, %	„	2-3 одиниці упаковки в цеху розливу	Кислотний метод Гербера,
		Кислотність, °T	„	„	Титрометричний
		Кислотність, pH	„	„	pH-метр

		Температура, °C	”	”	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Органолептичні показники	”	”	Органолептично
		Витікання з пакета	Періодично	Періодично	Візуально
16	Готовий продукт	Органолептичні показники	Щоденно	У кожній партії	Органолептично
		Температура, °C	”	”	Логометр, термометр, ДСТУ 6066:2008
		Кислотність, °T	”	”	Титриметричний
		Масова частка жиру, %	”	”	Кислотний метод Гербера
		В'язкість	”	”	Прилади ВКН або ІК
		Об'єм, дм ³	”	”	Вимірювання у мірних циліндрах
		Ефективність пастеризації	”	”	Наявність фосфатази чи пероксидази, ДСТУ 7380:2013
17	Зберігання	Температура, °C	Щоденно	У кожній партії	Термометр
		Тривалість, год	”	”	Годинник

Таблиця 3.5 – Схема мікробіологічного контролю виробництва кефіру знежиреного

Досліджувальні технологічні процеси та матеріали	Досліджувані об'єкти	Назва аналізу	Періодичність контролю	Розведення
Сировина, що надходить на підприємство	Молоко незбиране	Редуктазна проба	1 раз в декаду	I, II, III
		Інгібуючі речовини	„ – „	
Виробництво кефіру знежиреного	Нормалізована суміш до пастеризації	КУО-МАФАН	„ – „	I, II, <u>III</u> , IV, V
	Нормалізована суміш після пастеризації	Колофірмні бактерії	1 раз на декаду	I, II, II
	Гомогенізація	Колофірмні бактерії	1 раз на декаду	I, II, II
	Заквашена суміш	Колофірмні бактерії	1 раз на декаду	I, II, II
	Готовий продукт	КУО-МАФАН	1 раз на 5 днів	
		Колофірмні бактерії	1 раз на декаду	I, II, II
Допоміжні матеріали	Пакувальні матеріали	Коліформні бактерії	2-4 рази на рік	
Санітарно-гігієнічний стан виробництва	Труби, резервуари	КУО-МАФАН	Не рідше 1 разу у декаду	
	Обладнання	Коліформні бактерії	1 раз у квартал	
	Повітря	Загальна кількість колоній	„ – „	
	Вода	КУО-МАФАН	„ – „	
	Руки працівників	Коліформні бактерії	1 раз в декаду	
		Йодно-крохмальна проба	1 раз в тиждень	

3.3 Забезпечення технологічного процесу виробництва запроєктованого асортименту

3.3.1 Підбір технологічного обладнання

Приймальне відділення

Приймальне відділення сировини виконує низку важливих технологічних операцій, зокрема приймання молока, оцінювання його якості та проведення попередньої обробки. Після зазначених процедур сировина тимчасово зберігається до подальшого етапу переробки. Цей етап є важливим, оскільки якісні характеристики молока безпосередньо впливають на властивості та безпечність готової продукції [45].

Відповідно до чинних нормативно-технічних документів, молоко має бути вивантажене з транспортної ємності протягом трьох годин з моменту прибуття на підприємство. У заданий період сировина перекачується до приймального вузла за допомогою відцентрового насоса, де проводиться її кількісне вимірювання та механічне видалення сторонніх частинок [45].

Розраховуємо продуктивність роботи приймальної установки:

$$P_{\text{розрах.}} = \frac{M}{T_{\text{пр}}} = \frac{8911,07}{3} = 2970 \text{ кг/год}$$

Отже, згідно з даними каталогу, обирається механізм типу УПМ-1 з інтенсивністю 5000 л/год [45].

Фактичний час роботи становить:

$$P_{\text{розрах.}} = \frac{M}{T_{\text{пр}}} = \frac{8911,07}{3} = 2970 \text{ кг/год}$$

Охолодження молока до температури проміжного зберігання, здійснюється за допомогою охолоджувача типу ООУ-М, потужністю 5000 л/год [45].

Відповідно до умов виробничого завдання, підприємство працює у дві зміни, що зумовлює потребу у впровадженні двох паралельних виробничих ліній і встановленні двох резервуарів [45].

З метою тимчасового зберігання сировини доцільним є використання двох ємностей типу Pasilak, кожна з яких має місткість 15 тонн.

Апаратно – виробничий цех

З метою реалізації процесів пастеризації та наступного охолодження молока в безперервному режимі, необхідно підібрати пастеризаційно-охолоджувальну установку (ППОУ), яка є основним технологічним елементом у складі цехового обладнання [45].

Дана установка працює 5 годин, тому знаходимо потужність теплообмінника:

$$P_{\text{розрах.}} = \frac{M}{T_{\text{пр}}} = \frac{8911,07}{3} = 2970 \text{ кг/год}$$

Обираємо ППОУ марки: ОПУ-3М інтенсивністю роботи 3000 л/год [46]

Тривалість роботи теплообмінника становитиме:

$$T = \frac{8911,07}{3000} = 2,97 = 2 \text{ год } 58 \text{ хв}$$

Процес нормалізації молока за вмістом жиру здійснюється за допомогою сепаратора-нормалізатора типу Г9-ОСП-3МН [46]. З метою забезпечення безперервної роботи всієї технологічної лінії, даний апарат підбирається з продуктивністю 3000 л/год, що відповідає продуктивності іншого основного обладнання.

Розраховуємо час роботи даного обладнання:

- для молока нежирного

$$T = \frac{2717,97+2442,95}{3000} = 1,72 = 1 \text{ год } 43 \text{ хв}$$

- для молока м.ч.ж. 2,5

$$T = \frac{1607,21+2142,94}{3000} = 1,25 = 1 \text{ год } 15 \text{ хв}$$

Виділені в процесі нормалізації вершки у кількості 1054,51, охолоджують на охолоджувачі марки ООТ-М потужністю 3000 л/год [46].

Далі їх спрямовують до резервуара з міжстінним охолоджувальним простором типу РЧ-ОТН-2 та місткістю 2000 л. Він призначений для тимчасового зберігання сировини перед здійсненням наступних технологічних операцій.

Гомогенізацію молока м.ч. ж 2.5% здійснюють за допомогою гомогенізувальної установки марки К5-ОГ-2А-1,25, яка забезпечує продуктивність 3500 л/год [46].

Змішування рецептурних компонентів для виробництва йогурту здійснюється в спеціалізованій ємності, обладнаній мішалкою типу: Я1-ОСВ-4 [46].

Для здійснення термічної обробки вершків та змішаної суміші для йогурту передбачається встановлення пластинчастої установки для в'язких продуктів типу Я7-ОВУ, номінальна продуктивність якої становить 3000 л/год [46].

Розраховуємо час роботи установки для теплової обробки вершків та змішаної суміші для йогурту.

- для вершків

$$T = \frac{1054,51}{3000} = 0,35 = 21 \text{ хв}$$

- для змішаної суміші

$$T = \frac{2537,5}{3000} = 0,84 = 50 \text{ хв}$$

Процес гомогенізації вершків та суміші здійснюється на установці марки: К5-ОГ-2А-1,25 потужністю 3500 л/год [46].

Для здійснення процесів заквашування та сквашування підбираємо резервуари з мішалками типу: РЧ-ОТН-2 об'ємом 2000 л та Я1-ОСВ-4 місткістю 4000 л. Зазначене обладнання забезпечує необхідні умови для перебігу відповідних біохімічних процесів [45, 46].

Розраховуємо їх кількість для кожного із продуктів:

- для простокваші:

$$N = \frac{1518,45}{2000 \times 0,85} = 0,89 = 1 \text{ шт}$$

- для кефіру знежиреного:

$$N = \frac{2024,6}{4000 \times 0,33} = 1,53 = 2 \text{ шт}$$

- для кефіру м.ч.ж. 2,5%:

$$N = \frac{2024,6}{4000 \times 0,33} = 1,53 = 2 \text{ шт}$$

- для йогурту:

$$N = \frac{2537,5}{4000 \times 0,85} = 0,75 = 1 \text{ шт}$$

- для сметани:

$$N = \frac{1054,51}{2000 \times 0,5} = 0,84 = 1 \text{ шт}$$

Фасувальне відділення

Для здійснення фасування готового продукту в полімерну упаковку об'ємом 0,5 кг передбачається встановлення автоматичної пакувальної машини типу Bora (pillow pack), номінальна продуктивність якої становить 200 упаковок за хвилину [46].

Фактичний час фасування:

- для простокваші:

$$T = \frac{1518,45}{200 \times 60 \times 0,5} = 0,25 = 15 \text{ хв}$$

- для кефіру знежиреного:

$$T = \frac{2024,6}{200 \times 60 \times 0,5} = 0,34 = 20 \text{ хв}$$

- для кефіру м.ч.ж. 2,5%:

$$T = \frac{2024,6}{200 \times 60 \times 0,5} = 0,34 = 20 \text{ хв}$$

Пакування продукції в пакети з поліетиленової плівки по 500 мл здійснюється за допомогою фасувально-пакувального апарата типу МІЛКПАК-6000, розрахованого на продуктивність 6000 упаковок на годину [46].

Фактичний час роботи одного автомата становитиме:

- для йогурту:

$$T = \frac{2537,5}{6000 \times 0,5} = 0,84 = 50 \text{хв}$$

Фасування продукту в пластикові стакани об'ємом 250 мл виконується з використанням фасувального автомата марки «Пастпак 2Р2», який забезпечує виробничу продуктивність до 120 одиниць тари за хвилину [45, 46].

Фактичний час фасування:

- для сметани:

$$T = \frac{1054,51}{120 \times 60 \times 0,25} = 0,58 = 35 \text{ хв}$$

Таблиця 3.6 - Зведена таблиця розрахунку обладнання

Назва установки	Тип, марка	Продук тивність л/год	Кількіс	Габаритні розміри, мм			Площа, яка займає, м ²	Загаль на площа, м ²
				довж на	шир на	висо а		
Приймальне відділення								
Установка приймання молока	УПМ-10А(Ц)	5000	2	1100	750	1500	0,82	1,64
Охолоджувач	ООУ-М	5000	2	1550	700	1400	1,08	2,16
Резервуар для зберігання молока	Pasilak	15000		2250	2250	3800	5,06	10,12
Всього						13,92		
Апаратно-виробниче відділення								
Пастеризаційна установка	ОП У – 3М	30 00		2 500				
Сепаратор	Г9-ОСП- 3МН	3 000		9 10	620	1400	0,56	0,56
Охолоджувач	ООТ-М	3 000		1 430	700	1400	1,00	1,00
Гомогенізатор	К5- ОГ-2А-1,25	3 500		9 93		400		
Пастеризаційна установка	Я7- ОВУ	30 00		2 900	600	520		
Резервуар з мішалкою	РЧ-ОТН-2	2000	4	1 427	1427	2350	2,03	8,12
Резервуар з мішалкою	Я1-ОСВ-4	4000	10	2100	1735	3869	3,64	36,4
Всього						54,31		
Фасувальне відділення								
Фасувальний апарат у плівку по 0,5л.	Bora (pillow pack)	40 уп/хв	1	3 700		200	3,34	3,34
Фасувальний апарат у пакети по 0,5л.	МІЛ КПАК-600	6 000 п /год		1 550	050	150	,63	,63
Фасувальний автомат у стаканчики по 0,5 л	Паст пак 2Р2	12 0 уп./хв		4 260	455	990	0,45	0,45
Всього						15,42		

3.3.2 Розрахунок площ виробничих і допоміжних приміщень

Перед розрахунком площ основних виробничих приміщень необхідно попередньо врахувати конструктивні та габаритні характеристики технологічного обладнання, що передбачене до встановлення, а також кількісні параметри готової продукції, зокрема її об'єм і масу, яка підлягає зберіганню або транспортуванню в межах відповідних зон [47].

Технологічний процес приймання молока, що надходить на переробне підприємство, розпочинається на приймально-миючій ділянці. Для визначення необхідної площі цієї ділянки першочергово здійснюється розрахунок кількості автотранспортних одиниць ($N_{\text{маш}}$), що прибувають щодоби з молочною сировиною.

$$N_{\text{маш}} = \frac{M_{\text{зод}}}{M_{\text{ц}}},$$

У чисельнику формули наводиться інтенсивність роботи приймального обладнання $M_{\text{зод}}$, яка відображає його пропускну здатність і визначається за питомою продуктивністю в кілограмах за годину. У знаменнику зазначається маса сировини, що транспортується в одній автомолцистерні $M_{\text{ц}}$, кг [47].

Таким чином, визначається кількість транспортних одиниць, необхідних для забезпечення щоденного приймання сировини.

$$N_{\text{маш}} = \frac{5000}{6000} = 0,83 = 1 \text{ машина}$$

Обчислюємо тривалість технологічного циклу ($T_{\text{заг}}$), який включає як безпосередній процес приймання молока, так і санітарну обробку [47].

Загальний час, що витрачається на приймання сировини ($T_{\text{заг}}$), обчислюється шляхом підсумовування тривалостей усіх технологічних

операцій, які здійснюються під час обслуговування кожної автомолцистерни в межах приймального процесу [47].

Тому,

$$T_{\text{заг}} = 1 \times (40 + 5 + 14) = 59 \text{ хв}$$

На основі відповідної формули визначаємо необхідну кількість приймальних постів (Π).

$$\Pi = \frac{59}{60} = 0,98 = 1 \text{ пост}$$

Остаточним етапом є визначення загальної площі, необхідної для розміщення приймально-миючої ділянки.

$$F = 72 \times 1 = 72 \text{ м}^2$$

Згідно з чинними будівельними нормами і правилами, площі молокопереробних підприємств класифікуються на три основні категорії:

- робочі площі,
- площі підсобних і складських приміщень,
- площі допоміжних приміщень.

Під час проєктування та розрахунку площ основних виробничих зон додатково враховується коефіцієнт запасу площі (K), значення якого залежить від характеру виробництва, розмірів технологічного обладнання, а також наявності внутрішньоцехового електротранспорту. Орієнтовне значення коефіцієнта становить $K = 3\text{--}4$ [47].

У виробничій будівлі застосовується модульна система з сіткою колон розміром 6×6 м, відповідно площа одного будівельного квадрата становить 36 м^2 .

Відділення для приймання молока:

У зв'язку з великими габаритними розмірами резервуарів для зберігання молока, зокрема значною площею їх основи та висотою, доцільно передбачити їх розміщення за межами виробничих приміщень — на відкритому майданчику.

$K=4$, отже,

$$F = 4 \times 3,8 = 15,2 \text{ м}^2$$

Розрахунок апаратного-виробничого цеху:

Для даної ділянки $K=4$. Оскільки необхідно передбачити зручний доступ до обладнання для його експлуатації, технічного обслуговування та дотримання санітарно-гігієнічних норм. Також розрахунок площі апаратно-виробничого цеху здійснюється без урахування коефіцієнта запасу для ППОУ [47].

$$F = 4 \times 46,92 = 187,68 + 1,75 + 1,00 + 4,64 = 195,07 \text{ м}^2$$

Фасувальне відділення:

Площа ділянки для фасування визначається з урахуванням низки чинників, зокрема розмірів фасувального обладнання, кількості передбачених технологічних ліній, а також специфіки організації транспортних потоків, пов'язаних із переміщенням тари, сировини та готової продукції [47].

K дорівнює чотирьом, отже:

$$F = 4 \times 15,42 = 61,68 \text{ м}^2$$

Розрахунок площі камери для тимчасового зберігання продукції:

Для визначення площі камери (F , м^2) враховують кількість продукції, яка потребує зберігання, період її знаходження в камері, граничне навантаження на один квадратний метр, а також ступінь раціонального використання наявної площі [47].

$$F = \frac{M_{np} \times T_{зб}}{q \times K}$$

де, M_{np} — маса кожного виду продукції, кг;

$T_{зб}$ — тривалість зберігання, діб (для кисломолочних напоїв $T_{зб}=0,5$;

q — коефіцієнт навантаження на 1 м² площі (залежить від типу фасування: у плівку по 0,5 л - 420 кг/м²; у стакани по 250 г – 427 кг/м²; у пакети по 0,5 л - 490 кг/м²);

$K=0,5$ — коефіцієнт ефективного використання площі (0,5 — для кисломолочних напоїв)

Тому:

$$F = \frac{1500 \times 0,5}{420 \times 0,5} + \frac{2500 \times 0,5}{490 \times 0,5} + \frac{2000 \times 0,5}{420 \times 0,5} + \frac{2000 \times 0,5}{420 \times 0,5} + \frac{1042,73 \times 0,5}{427 \times 0,5} =$$

$$= 3,57 + 5,10 + 4,76 + 4,76 + 2,44 = 20,63 \text{ м}^2$$

Планування цеху починається з розміщення основних та допоміжних технологічних зон відповідно до послідовності технологічного процесу. Після цього проєктують додаткові функціональні приміщення, зокрема склади допоміжних матеріалів і тари, приміщення для зберігання мийних засобів, зону СІР-мийки, бойлерну, вентиляційну камеру, станцію зарядки електронавантажувачів та побутові кімнати для персоналу. Такий порядок організації простору забезпечує ефективне використання площі, оптимізацію логістичних потоків у межах цеху та відповідність санітарно-гігієнічним вимогам [47].

Таблиця 3.7- Зведена таблиця розрахунку площ

Найменування приміщення	Площа		
	Розрахункова, м ²	Компоновочна	
		Будівельні квадрати	м ²
Приймально-миюче відділення	72	2	72
Приймальне відділення	15,2	1	36
Апаратно-виробниче відділення	195,07	6	216
Фасувальне відділення	61,68	2	72
Камера зберігання готової продукції	20,63	1	36
Приймальна лабораторія	-	0,5	18
Хімічна лабораторія	-	1	36
Бактеріологічна лабораторія	-	0,5	18
CIP мийка	-	1,5	54
Склад зберігання миючих засобів	-	0,5	18
Кабінети	-	0,5	18
Бойлерна	-	1	36
Ремонтна майстерня	-	2	72
Тарні склади	-	2	72
Матеріальний склад	-	1,5	54
Зарядна кімната для електронавантажувачів	-	0,5	18
Експедиції	-	1	36
Побутові приміщення	-	2	72
Кімнати особистої гігієни	-	0,5	18
Компресорна	-	0,5	18
Коридор	-	2,5	72
Всього	-	30	1080

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Правила техніки безпеки при експлуатації обладнання

Правила технічної експлуатації обладнання визначають комплекс вимог, необхідних для забезпечення нормальних умов його роботи. Сюди входить відповідність виробничого приміщення встановленим параметрам — оптимальна температура, допустима вологість, належний рівень чистоти повітря та інші фактори, що впливають на роботу механізмів. Крім того, важливим є порядок і організація робочого місця: вільні та безпечні підходи до машин, правильно збережені напівфабрикати, інструменти й інвентар. Обладнання повинно утримуватися в чистоті, регулярно й правильно змащуватися. Під час роботи воно повинно функціонувати в межах рекомендованих навантажень, швидкостей і силових режимів, а працівник має дотримуватися встановлених правил керування машинами та вимог міжремонтного технічного обслуговування згідно з системою СТОiP [48].

Кожен робітник, який керує машиною або обслуговує її, зобов'язаний добре знати будову основних механізмів, принципи їх взаємодії, вміти виконувати регулювання та дрібний ремонт. Також необхідно підтримувати чистоту як самого обладнання, так і робочої зони. Від рівня підготовки та відповідальності оператора залежить загальний технічний стан обладнання, збереження його надійності та довговічності. Тому майстри з ремонту та механіки повинні не лише самі знати правила експлуатації, а й забезпечити їх розуміння та дотримання всім персоналом [48, 49].

Систематичний догляд за машинами є ключовим чинником, що впливає на їх безвідмовну роботу та тривалість служби до наступного планового ремонту. Перед початком зміни робітник повинен провести повний огляд обладнання:

переконалися, що машина після попередньої зміни очищена, перевірити роботу механізмів у холостому режимі, оглянути точки змащення та впевнитися у наявності необхідної кількості мастила. У випадку виявлення будь-яких відхилень, дефектів чи пошкоджень він не має права розпочинати роботу й зобов'язаний негайно повідомити майстра.

Під час експлуатації робітник повинен постійно контролювати стан робочих органів машини. Якщо виникла несправність, спричинена порушенням правил роботи, відповідальність за це несуть і оператор, і майстер. Категорично заборонено залишати працюючу машину без нагляду [48].

Упродовж робочої зміни необхідно регулярно виконувати змащення всіх точок, зазначених у карті змащення, використовуючи мастила, рекомендовані в інструкції. Якщо система змащення централізована, працівник повинен підтримувати достатній рівень мастила в резервуарі. При застосуванні масельничок консистентного типу слід своєчасно поповнювати їх і кілька разів за зміну підкручувати кришку. Для шприц-масельничок мастило має вводитися за допомогою спеціальних шприців [48].

У процесі роботи важливо відстежувати температуру підшипників, оскільки її підвищення може свідчити про надмірне тертя або нестачу мастила. Якщо з'являється сторонній шум чи інші нетипові звуки, працівник повинен негайно зупинити машину й виконати необхідне регулювання. У разі дрібних несправностей, що не викликають довготривалого простою, поламану деталь потрібно замінити відразу. Якщо ж поломка зупиняє роботу машини, оператор має без зволікання повідомити майстра [49].

Окрему увагу слід приділяти обладнанню, яке працює з теплою або під тиском понад 0,08 МПа, що характерно для багатьох апаратів харчової промисловості. Такі установки дозволено експлуатувати лише відповідно до спеціалізованих нормативних документів: правил роботи тепловикористовуючих установок, правил охорони праці для тепломеханічного обладнання та вимог щодо безпечної експлуатації судин під тиском.

Для механізації вантажних і технологічних операцій на харчових підприємствах застосовується вантажопідіймальне та транспортне обладнання. Його експлуатація повинна здійснюватися згідно з правилами охорони праці для вантажопідіймальних механізмів та відповідного оснащення.

На кожному підприємстві розробляються індивідуальні правила технічної експлуатації та охорони праці з урахуванням місцевих умов і специфіки обладнання. Ці правила обов'язково закріплюють у доступному місці — біля машин, апаратів чи установок, яких вони стосуються.

Неналежна експлуатація може призвести до двох типів негативних наслідків — поломок і аварій. Поломка означає незначне пошкодження деталі, яке не зупиняє виробничий процес. Аварія — це серйозний вихід з ладу обладнання або групи машин, що порушує технологічний процес, спричиняє значні простої або ушкодження важливих вузлів. За такі випадки, якщо їх причиною стало неправильне користування обладнанням або некоректна ліквідація несправностей, особисту відповідальність несуть працівники, які безпосередньо обслуговують техніку [48, 49].

4.1.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці

Розміщення харчового підприємства має відповідати санітарним нормам, що регламентують допустиму відстань до житлової забудови та визначають умови, за яких діяльність підприємства не створюватиме шкідливого впливу на населення. Харчові виробництва, залежно від обсягу викидів та характеру технологічних процесів, розташовують у спеціально відведених зонах, віддалених від житлових будинків. Між підприємством та житловою територією формується санітарно-захисна зона — смуга землі, що відмежовує виробництво від громадських та житлових будівель. Її ширина залежить від класу підприємства за рівнем впливу на довкілля й може становити від 50 до 1000 метрів. Харчові підприємства зазвичай належать до нижчих класів шкідливості, тому розміщуються на відносно меншій відстані, однак санітарні норми все одно

залишаються обов'язковими. На території санітарно-захисної зони можуть розміщуватися лише менш шкідливі об'єкти, різні допоміжні служби або складські приміщення, але ця територія обов'язково повинна бути озеленена та доглянута [48].

Під час вибору місця для харчового підприємства враховують напрямок панівних вітрів — цехи, де можливі виділення запахів, пари, тепла або шуму, ніколи не розташовують з навітряного боку щодо житлових кварталів. Це запобігає перенесенню неприємних запахів та забруднень у зони проживання людей.

Планування території підприємства має забезпечувати безпечні та здорові умови роботи, належне освітлення, вентиляцію, запобігання поширенню шкідливих факторів, а також зручність руху транспорту й персоналу. Ділянка повинна мати рівний рельєф із невеликим ухилом, який забезпечує відведення дощових та талих вод. Внутрішню територію умовно поділяють на кілька зон: передзаводську, виробничу, допоміжну та складську. Будівлі можуть бути як одноповерховими, так і багатоповерховими, але важливо уникати «замкнених дворів», у яких утруднюється природне освітлення та рух повітря. Відстань між будівлями повинна забезпечувати достатній доступ світла та повітря, тому розриви між ними не можуть бути меншими за висоту найбільш високої будівлі.

Виробничі та складські приміщення найчастіше виконують у формі прямокутника — така конфігурація полегшує вентиляцію, освітлення й розміщення обладнання. Будівлі мають відповідати вимогам безпеки, враховувати характер технологічних процесів, особливо якщо на виробництві присутні теплові апарати, холодильне обладнання чи механізми, що створюють шум або вібрації [48, 49].

Центральний вхід на територію підприємства організовують із боку найзручніших маршрутів для персоналу. Усі будівлі мають бути з'єднані між собою пішохідними доріжками, а вздовж фасадів передбачають проїзд для пожежних автомобілів. До всіх приміщень підводять електропостачання, водопровід і каналізацію, а частина території обов'язково озеленюється —

площа зелених насаджень повинна становити щонайменше десяту частину всієї площі ділянки.

Система водопостачання на харчовому підприємстві особливо важлива, адже вода використовується як у технологічних процесах, так і для господарсько-питних потреб. Для виробничих цілей можуть застосовуватися системи оборотної або повторної подачі води, а також води спеціальної підготовки — охолодженої, пом'якшеної чи дистильованої. Питні фонтанчики розміщують у зонах, доступних працівникам, але не там, де можливе забруднення повітря або високі температури. Питна та технічна вода подаються окремими мережами. Норми споживання води становлять 25 літрів на особу за зміну, а в гарячих цехах — до 45 літрів [48].

Каналізаційна система поділяється на виробничу, господарсько-фекальну та зливову. Виробничі стічні води можуть бути повторно використані після очищення або скидатись у міську систему за умови дотримання норм концентрації шкідливих речовин. Заборонено скидати стоки у поглинаючі колодязі, щоб уникнути забруднення ґрунтових вод.

Виробничі приміщення харчового підприємства повинні бути добре освітлені та провітрювані. Висота стелі — не нижче 3,2 м, а площа та об'єм, що припадають на одного працівника, повинні забезпечувати комфортні умови праці й відповідати санітарним нормам. Приміщення з виділенням тепла або пари розташовують ближче до зовнішніх стін або на верхніх поверхах. Підлога має бути рівною, теплою, стійкою до вологи й хімічних речовин, неслизькою та легкою в очищенні. Стіни виробничих приміщень обробляють матеріалами, які не вбирають забруднень і допускають мийку дезінфікуючими засобами [49].

У приміщеннях, де виділяється пил, передбачають механізоване або вакуумне прибирання. Впорядкований інтер'єр з правильним доббором кольорів допомагає знижувати втому — холодні тони заспокоюють і зменшують навантаження на нервову систему, тоді як теплі можуть стимулювати активність, але при тривалому впливі сприяють перевтомі [49].

Допоміжні приміщення — адміністративні, санітарно-побутові, медичні, приміщення для харчування та відпочинку — розміщують у місцях, де на них впливатиме мінімальна кількість шкідливих факторів. Вони можуть бути вбудовані у виробничу будівлю або розташовані окремо. Висота приміщень визначається нормами та не може бути меншою ніж 2,4–3,3 метра залежно від призначення. Санітарно-побутові приміщення (душові, гардеробні, кімнати для персоналу) мають бути оздоблені світлими вологостійкими матеріалами, а площа гардеробних розраховується за кількістю працівників [48].

На робочому місці важливо створити умови, що сприяють ефективній та безпечній роботі. Робоча зона повинна бути організована так, щоб працівник міг виконувати всі дії з мінімальними витратами енергії. Обладнання, інструменти, заготовки та органи керування розміщують у межах оптимальної досяжності рук. Робоча поза повинна забезпечувати мінімальне стомлення — найкращою вважається можливість чергувати сидяче та стояче положення. Принципи «економії рухів» передбачають виконання дій обома руками одночасно, відсутність зайвих жестів, мінімізацію різких або неприродних рухів [49].

Для ефективної роботи обов'язковим є правильний вибір режиму праці та відпочинку. Впродовж робочого дня працездатність змінюється хвилеподібно: після періоду «впрацювання» настає фаза найбільшої активності, а потім — зниження продуктивності, що збільшує ризик помилок. Перерви повинні плануватися до моменту появи втоми. При фізичній роботі корисні часті короткі перерви, під час інтелектуальної — триваліші. Сучасний підхід передбачає використання активного відпочинку, наприклад виробничої гімнастики, що допомагає уникнути перевтоми та підтримувати нормальний стан організму [48, 49].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація

Надзвичайні ситуації різного походження щороку становлять серйозну загрозу для населення України, адже їх кількість залишається високою, а наслідки часто є трагічними. Значна частина таких подій закінчується загибеллю людей, руйнуванням інфраструктури та завдає матеріальних збитків, що вимірюються мільярдами гривень. Ситуація ускладнюється тим, що в різних регіонах країни постійно виникають небезпечні природні явища, аварії й техногенні катастрофи, через що загальна обстановка вважається складною і потребує постійного контролю [50].

Досвід ліквідації вже відомих катастроф — аварії на Чорнобильській АЕС, вибухів і погибелі шахтарів на вугільних шахтах, авіакатастроф літака АН-124 під Києвом та АН-24 поблизу Салонік — переконує, що для ефективної роботи в районах надзвичайних ситуацій потрібна участь великої кількості фахівців, спеціальної техніки та значних матеріальних ресурсів. Такі події вимагають чіткої організації, координації служб та оперативного реагування.

З метою впорядкування класифікації надзвичайних ситуацій 15 липня 1998 року Кабінет Міністрів України прийняв постанову №1099, якою затвердив «Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій». У цьому документі визначено основні типи надзвичайних ситуацій залежно від їхнього походження. Насамперед виділяють надзвичайні ситуації техногенного, природного, соціально-політичного та воєнного характеру [51].

Надзвичайні ситуації техногенного характеру охоплюють аварії, спричинені діяльністю людини та різними технічними процесами. До них належать транспортні пригоди, пожежі, вибухи, руйнування будівель і споруд, аварії на інженерних мережах, прориви дамб та інші порушення, пов'язані з роботою об'єктів життєзабезпечення. Цей тип є одним із найнебезпечніших, оскільки виникає на виробництвах, де використовують великі обсяги потенційно

небезпечних речовин, а також на транспорті, де щороку перевозиться значна кількість вибухових, хімічних та інших небезпечних матеріалів [50, 51].

Надзвичайні ситуації природного походження виникають унаслідок дії природних процесів. Це можуть бути сильні буревії, повені, зливи, снігопади, зсуви, лісові пожежі, деградація ґрунтів, зміни у водних ресурсах. До цього типу належать також інфекційні захворювання людей і тварин, а також масове ураження сільськогосподарських культур шкідниками або хворобами. Такі явища важко передбачити з високою точністю, що робить їх особливо небезпечними.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру пов'язані з протиправними діями — тероризмом, захопленням важливих об'єктів, замахами на транспортні засоби, встановленням вибухових пристроїв у громадських місцях, викраденням зброї та боєприпасів або виявленням застарілих вибухонебезпечних предметів. Подібні події становлять загрозу не лише для безпеки окремих людей, а й для стабільності держави в цілому [50, 51].

До надзвичайних ситуацій воєнного характеру належать події, що є наслідками застосування звичайної або зброї масового ураження. Під час таких ситуацій можуть руйнуватися атомні та гідроелектростанції, склади з токсичними чи вибухонебезпечними речовинами, нафтосховища, транспортні комунікації, що створює додаткові вторинні небезпеки для населення й довкілля.

Класифікація надзвичайних ситуацій передбачає також поділ за їх масштабом. Визначають чотири основні рівні: загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий. Надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня охоплює дві та більше областей або має потенційну загрозу транскордонного поширення. Для її ліквідації потрібні ресурси, що значно перевищують можливості окремого регіону. Регіональний рівень охоплює два або більше районів, а його ліквідація потребує додаткових ресурсів з обласного рівня. Місцева надзвичайна ситуація виходить за межі одного об'єкта та загрожує сусіднім населеним пунктам або інженерним спорудам.

Об'єктова ситуація стосується лише території конкретного підприємства, не виходячи за межі його виробничої або санітарно-захисної зони [51, 52].

Подальша класифікація надзвичайних ситуацій може здійснюватися залежно від причин виникнення, характеру прояву, тривалості, наслідків та масштабу впливу на населення й довкілля. У сучасних умовах, через розвиток великих виробництв та використання небезпечних речовин, імовірність техногенних аварій значно зросла. Найчастіше такі події трапляються на хімічно небезпечних, радіаційно небезпечних, пожежо- та вибухонебезпечних об'єктах, а також на гідротехнічних спорудах. Особливу небезпеку становлять аварії на транспорті, де низька оновлюваність техніки та значний рівень її зношення створюють додаткові ризики [51].

Щороку в Україні транспортні засоби перевозять сотні мільйонів тонн вантажів, включаючи вибухонебезпечні й токсичні речовини, а також мільярди пасажирів. Але рівень технічної зношеності транспорту часто перевищує 50%, через що збільшується і кількість аварій. Статистика свідчить, що саме транспорт залишається сферою з найбільшою кількістю надзвичайних ситуацій, у тому числі з летальними наслідками. Це підтверджує і ситуація 1998 року, коли на транспорті зареєстровано понад сотню аварій, що призвели до людських жертв і травмувань [50, 51, 52].

ВИСНОВКИ

На основі характеристики загальної протеолітичної активності під час інкубації у молочному нативному середовищі впродовж 12, 24 і 72 годин було відібрано 7 протеїназа-позитивних із 9 досліджуваних штамів *Lactoccus lactis* ssp. *lactis*. Враховуючи здатність утворювати молочну кислоту, стійкість до хлориду натрію, для встановлення типу приклітинної протеїнази було відібрано 3 штами, з яких один сильний протеоліт (I_{19}), один – середній (I_{11}) та один слабкий (I_2).

Використання одностадійних методів очищення (гель-фільтрація з розділенням на сектори і мікропрепаративний електрофорез) дозволили отримати електрофоретично гомогенні казеїнові субстрати зі збереженням їх структури – α -казеїн, α_{S1} -казеїн і β -казеїн.

Моделльні протеолізи на рівні клітин біомаси відібраних штамів і отриманих казеїнових субстратів (3 год, 30° C) дозволили на основі аналітичного електрофорезу навіть без денситометрії встановити типи приклітинних протеїназ. У двох штамів (I_2 , I_{11}) – це протеїназа Р I, в одного (I_{19}) – Р III.

У межах проєкту виконано комплексне технологічне проєктування цеху з виробництва кисломолочних напоїв, до асортименту якого включено простоквашу, йогурт, кефір (знежирений та з масовою часткою жиру 2,5 %) і сметану. Здійснено продуктово-сировинні розрахунки, які дали змогу визначити необхідну кількість молочної сировини для виробництва продукції у заданих обсягах. Встановлено перелік основного технологічного обладнання та обґрунтовано його вибір відповідно до особливостей виробничого процесу.

Проведено розрахунок площ виробничих, допоміжних та складських приміщень з урахуванням нормативних вимог щодо розміщення обладнання з дотриманням санітарно-гігієнічних норм і техніки безпеки. Надано характеристику якісних показників як для сировини, так і для готової продукції відповідно до вимог чинних державних стандартів.

Описано повну схему технологічних операцій виготовлення кисломолочних напоїв, що включає всі основні етапи – від приймання сировини до фасування та зберігання продукції. Особливу увагу приділено технологічному та мікробіологічному контролю, як одному з ключових елементів забезпечення безпечності та стабільної якості готових кисломолочних напоїв.

Практична цінність полягає у можливості впровадження запропонованих рішень на молокопереробних підприємствах для підвищення стабільності та якості продукції, скорочення часу виробничого циклу, зменшення втрат сировини та підвищення економічної ефективності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Zhang, S., Zhang, L., & Han, X. (2015). Lactic acid bacteria proteinase and quality of fermented dairy products: A review. *Wei Sheng Wu Xue Bao*, 55(12), 1530–1536.
2. Юкало, В. Г. (2007). Білки казеїнового комплексу коров'ячого молока та продукти їх протеолізу за дії ферментів молочнокислих бактерій (Дис. д-ра біол. наук). Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль.
3. Yukalo, V., Datsyshyn, K., Krupa, O., & Storozh, L. (2024). Adaptation of Stadler's apparatus for electrophoresis of main milk proteins. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 1/11(127), 73-80.
4. Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy chemistry and biochemistry* (2nd ed.). Springer.
5. Leroy F., De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 98. P. 94–102.
6. Vinderola G., Ouwehand A., Salminen S., von Wright A. Fermented foods, health and the microbiome // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, No. 8. P. 1806.
7. Технологія молока та молочних продуктів : навчальний посібник / Власенко В.В., Семко Т.В., Шаблій Л.М, Лавицький В.П. Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 330 с.
8. Скорченко Т. А. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. посіб. / Т.А.Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В.Кочубей. – Вінниця: Нова книга, 2005. – 264с.
9. Tamime A., Robinson R. *Yoghurt: Science and Technology*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. 808 p.

10. Holzapfel W. H. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries // *International Journal of Food Microbiology*. 2002. Vol. 75, No. 3. P. 197–212.
11. Грек О. В., Скороченко Т. А. Технологія сиру кисломолочного та сиркових виробів: Навч. посіб.– К.: НУХТ, 2009. – 235с.
12. Vinderola G., Ouwehand A., Salminen S., von Wright A. Fermented foods, health and the microbiome // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, No. 8. P. 1806.
13. Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. New York: Springer, 2017. 805 p.
14. McSweeney P. L. H. Biochemistry of cheese ripening // *International Journal of Dairy Technology*. 2004. Vol. 57, No. 2–3. P. 127–144.
15. Шевчук Т. В. Біохімія молока і молочних продуктів: Навчальний посібник / Т. В. Шевчук, Г. М. Огороднічук. – Вінниця: ОЦ ВНАУ, 2010. – 88 с.
16. Kunji E. R. S., Mierau I., Hagting A., et al. Transport of peptides in lactic acid bacteria // *Antonie van Leeuwenhoek*. 1996. Vol. 70. P. 187–221.
17. Savijoki, K., Ingmer, H., & Varmanen, P. (2006). Proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71(4), 394–406.
18. Raveschot C., Cudennec B., Coutte F., Dhulster P. Production of Bioactive Peptides by *Lactobacillus* Species: From Gene to Application [Електронний ресурс] // *Frontiers in Microbiology*. — 2018. — Vol. 9. — Article 2354. —URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.02354/full>
19. Крамаренко О. С. Біохімія молока і молочних продуктів : курс лекцій / О.С. Крамаренко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 96 с.
20. Юкало В. Г., Сторож Л. А. Протеолітична активність приклітинних і внутрішньоклітинних ферментів у лактококів. *Наукові праці НУХТ*. 2011. № 37, 38. С. 98-102.
21. Salminen S., Wright A. V., Ouwehand A. *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*. Boca Raton: CRC Press, 2018. 680 p.
22. Юкало, В. Г. (2021). Біологічна активність протеїнів і пептидів молока: монографія. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.

23. Thomas, T. D., & Pritchard, G. (1987). Proteolytic enzymes of dairy starter cultures. *FEMS Microbiology Reviews*, 46(3), 245–268.
24. Juillard, V., Laan, H., & Kunji, E. R. S. (1995). The extracellular P1-type proteinase of *Lactococcus lactis* hydrolyzes β -casein into more than one hundred different oligopeptides. *Journal of Bacteriology*, 177(12), 3472–3478.
25. Nagpal, R., Behare, P., Rana, R., Kumar, A., Kumar, M., Arora, S., Morotta, F., Jain, S., & Yadav, H. (2011). Bioactive peptides derived from milk proteins and their health beneficial potentials: An update. *Food & Function*, 2(1), 18–27.
26. Visser, S., Slangen, C. J., Robben, A. J., van Dongen, W. D., Heerma, W., & Haverkamp, J. (1994). Action of a cell-envelope proteinase (CEP III-type) from *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* AM1 on bovine κ -casein. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 41(6), 644–651.
27. Yukalo, V. G., & Krupa, O. M. (2017). The proteolytic systems of lactic acid microorganisms: A review. *Ukrainian Food Journal*, 6(3), 417–432.
28. Yukalo, V. G., & Storozh, L. A. (2018). Isolation of κ -CN-1P and β -CN-5P fractions from native casein micelles. *The Ukrainian Biochemical Journal*, 90(4), 74–79.
29. Місюк М. В., Місько А. М. Аналіз сучасного стану ринку молокопереробної продукції. *Науковий вісник*. 2021. № 9–10 (286–287). С. 78–85.
30. Романенко Л. П., Романенко І. Л. Молоко і молочні продукти: технологія та контроль якості. Київ : Кондор, 2010. 350 с.
31. Власенко В. В., Крижак Л. М. Напій кисломолочний лікувальнопрофілактичної спрямованості. Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 2015. С. 25-27.
32. Поліщук Г.Є., Грек О.В., Скороченко Т.А. та ін. Технологічні розрахунки у молочній промисловості: навч. посіб. Київ : НУХТ, 2013. 394 с.
33. ДСТУ 3662:2018 Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови [чинний від 27.06.2018]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2018.
34. ДСТУ 4623:2006. Цукор кристалічний. Технічні умови [чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006.

35. ДСТУ 1009:2005. Ванілін. Технічні умови [чинний від 01.07.2006]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005.
36. ДСТУ 8131:2015 Вершки-сировина. Технічні умови [чинний від 01.07.2016]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2016.
37. ДСТУ 4556:2006 Молоко сухе швидкорозчинне. Технічні умови [чинний від 01.07.2007]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
38. Машкін М. І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів: підруч.; М-во аграрної політики України. Київ : Вища школа, 2006. 351 с.
39. ДСТУ 4343:2004 Йогурт. Загальні технічні умови [чинний від 01.07.2005]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2005.
40. ДСТУ 4417:2005 Кефір. Технічні умови [чинний від 01.07.2006]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2006.
41. ДСТУ 4539:2006 Простокваша. Технічні умови [чинний від 01.07.2007]. Вид. оф. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
42. ДСТУ 4414:2005. Сметана. Технічні умови [чинний від 01.01.2006]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005.
43. Грильова Д.В., Якуба О.Р., Обозна М.В. Технохімічний контроль виробництва. С.: СНАУ, 2015. 14 с.
44. Ткаченко С. В. Санітарія та гігієна в молочному виробництві. Миколаїв: Іліон, 2013. 168 с.
45. Ніконенко В.М. Обладнання та технологія молочного виробництва / Ніконенко В.М. Київ : Урожай, 1995. 292 с.
46. Єресько Г.О. «Технологічне обладнання молочних виробництв» / Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. - Киев: Фірма «ІНКОС», Центр навчальної літератури, 2007. 344 с.
47. Крупа О.М. Проектування підприємств молочної промисловості. Курс лекцій для студентів спеціальності 181 "Харчові технології". Тернопіль, 2019. 130 с.

48. Батлук В. А. Охорона праці: навч. посіб. / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". — 3-тє вид. — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2011. — 192 с.

49. Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навч. посіб. — Суми: Університетська книга, 2009. — 540 с.

50. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 2. Організація управління в надзвичайних ситуаціях / За загальною редакцією В.М. Антонця.— К.: Купріянова, 2007.— 303 с.

51. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / За ред. Є.П. Желібо. 4-е вид. - К.: Каравела, 2005. - 344 с.

52. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник. - Львів: Бескид Біт, 2005. - 304 с.

ДОДАТОК А

УДК 637.146.34

2025
Конференція НУХТ

К5

Характеристика загальної протеолітичної активності штамів
лактококів підвиду *Lcc. lactis ssp. lactis*

В.Г. Юкало, О.М. Крупа, М.Р. Солопа

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Тернопіль, Україна

Штами лактококів *Lcc. lactis ssp. lactis* входять до складу багатьох видів заквасок для виробництва молочних продуктів. Насамперед, це стосується заквасок для різних видів твердих сичужних сирів (Крупа, 2024). Одним з найважливіших процесів що відбуваються при виробництві твердих сичужних сирів є протеоліз. Він може спричинятися ферментами молокозгортальних препаратів, природними протеазами молока і протеазами бактерій заквасок (Yukalo, Krupa, 2017). У перших двох випадках специфічність дії і активність протеаз відома і прогнозована. Протеолітичні ж системи бактерій заквасок є складними, включають багато протеаз і не є стабільними. Їх склад і активність можуть змінюватись в залежності від умов середовища, тривалості зберігання, впливу мутагенів і тому потребують періодичного контролю. Від активності і специфічності дії протеолітичних ферментів мікроорганізмів заквасок суттєво залежить формування органолептичних показників сирів, утворення гірких пептидів, а також численних біоактивних пептидів, які позитивно впливають на різні фізіологічні системи людини (Юкало, 2021). У зв'язку з цим важливим завданням є контроль протеолітичної активності штамів лактококів, а також вдосконалення цих методів контролю.

Метою дослідження є відбір протеїназо-позитивних штамів лактококів підвиду *Lcc. lactis ssp. lactis*, що входять до складу заквасок для твердих сичужних сирів. У дослідженнях використовували 12 штамів лактококів, які були отримані у лабораторії мікробіології Литовського харчового інституту (м. Каунас). Для довготривалого зберігання штами ліофілізували у спеціальних ампулах. Під час проведення досліджень штами активізували і пересівали через

УДК 577.122.2

2025
Наукові праці НУХТ
(останній варіант) № 5

1 К5

ДОСЛІДЖЕННЯ КАЗЕЇНОВИХ ФРАКЦІЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТЕЇНАЗ ЛАКТОКОКІВ *L. LACTIS* SSP. *LACTIS*

USE OF CASEIN FRACTIONS TO CHARACTERIZE PROTEINASES OF LACTOCOCCI *L. LACTIS* SSP. *LACTIS*

В.Г. Юкало, О.М. Крупа, М.Р. Солопа

V.G. Yukalo, O.M. Krupa, M.R. Solopa

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

Анотація

Початковий протеоліз білків, спричинений приклітинними протеїназами лактококів, є визначальним для їх росту в молоці. Також ці протеїнази відповідають за вплив на органолептичні і реологічні властивості молочних продуктів й утворення численних смакових і біоактивних пептидів. Зокрема, протеоліз активно відбувається під час виробництва кисломолочних продуктів (кефір, кумис, сир кисломолочний та ін.) і особливо інтенсивно – при виробництві твердих сирів, в основі визрівання яких є біохімічні зміни білків молока. Відомо, що приклітинні протеїнази можуть бути двох типів (PI і P III), які відрізняються між собою за специфічністю дії на різні казеїнові фракції і, відповідно, на формування органолептичних властивостей й утворення пептидів. Тому метою даного дослідження є вдосконалення методу визначення типу приклітинних протеїназ у протеїназа-позитивних штамів лактококів з використанням гомогенних казеїнових субстратів, виділених одностадійно в умовах збереження їх структури.

Знежирене молоко, кислотністю у 18° Т, отримували на ПрАТ «Тернопільський молокозавод». Гель-фільтрацію казеїну проводили на сефадексі G-150 на колонці хроматографічної системи для рідинної

кожні 20 днів у стерилізоване знежирене молоко. Після утворення згустку штами зберігали при 4° С.

Протеїназо-позитивні штами виявляли за утворенням продуктів протеолізу під час їх короткотермінової інкубації (12 годин) у стерильному знежиреному молоці при 30° С. Концентрацію продуктів протеолізу виражали у мг% тирозину і триптофану у складі пептидів і амінокислот, які не осаджувались в 10% трихлороцтовій кислоті.

У результаті проведених досліджень було виявлено та відбраковано протеїназо-негативні штами. Їх виявилось три серед дванадцяти штамів. Інші штами показали активність приклітинних протеїназ переважно на рівні слабких і середніх протеолітів. Усі протеїназо-позитивні штами були відібрані для більш детальних досліджень їх протеолітичної активності. Насамперед це стосується складу приклітинних протеїназ, які визначають процес утворення смакових пептидів і біоактивних пептидів. Також важливим показником є співвідношення загальної активності приклітинних і внутрішньоклітинних протеолітичних ферментів. Низькі значення цього показника пов'язані зі здатністю штамів до розщеплення гірких пептидів.

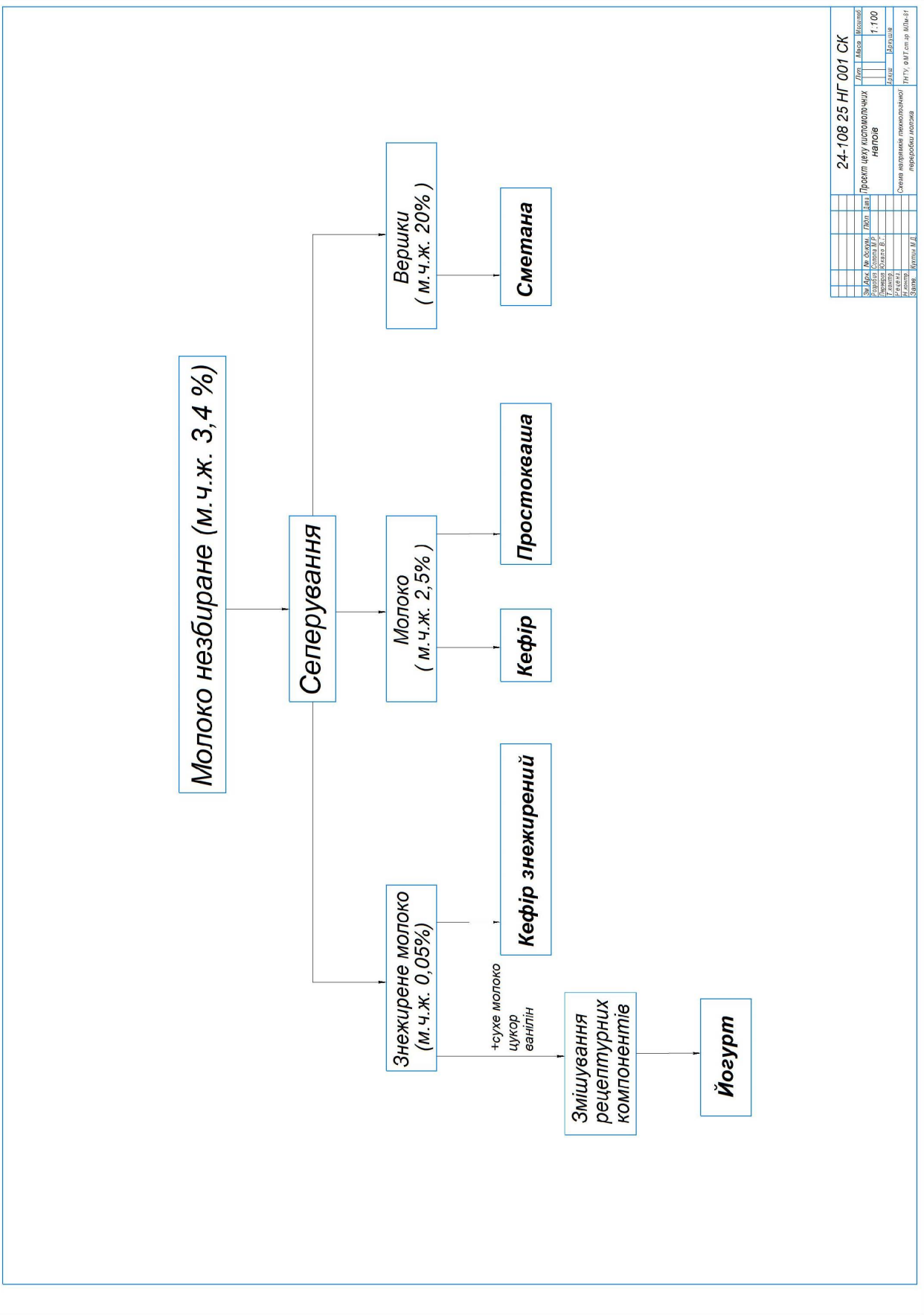
Список літератури:

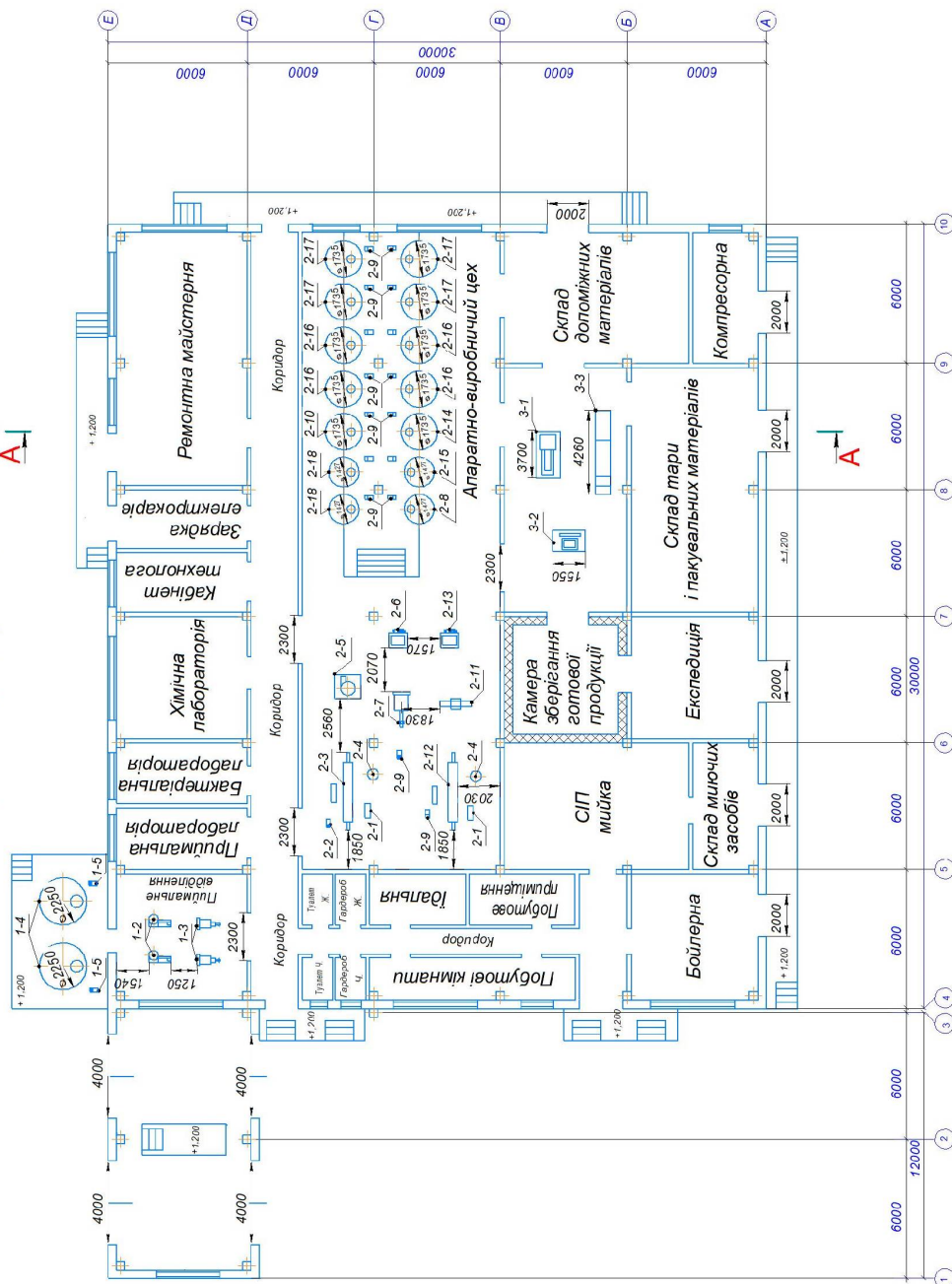
1. Крупа О.М. Технології молока і молочних продуктів : підруч. / уклад. Крупа О. Тернопіль : Підручники і посібники, 2024. 795 с.
2. Yukalo, V., Krupa, K. (2017). Proteolytic systems of lactic acid microorganisms: a review. *Ukrainian food journal*, (6, Issue 3), 417-432.
3. Юкало В.Г. Біологічна активність протеїнів і пептидів молока: монографія. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 372 с.

...

ДОДАТОК Б

Креслення графічної частини



[illegible]

