

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет ТВШТСБ**

**Кафедра біотехнології та біоінженерії**  
**Спеціальність 162 – «Біотехнології та біоінженерія»**

**Ступінь вищої освіти «Бакалавр»**

**Допустити до захисту**

**Декан \_\_\_\_\_ Михайло ГИЛЬ**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 р.**

**Рекомендувати до захисту**

**В.о. зав. кафедри \_\_\_\_\_ Олена КАРАТЄЄВА**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 р.**

**ОДЕРЖАННЯ ЗАКВАШУВАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ**  
**ВИРОБНИЦТВА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО**

**04.02. – КР. 48-О. 26 05 19. 008**

**Виконавець:**

**Здобувачка вищої**

**освіти IV курсу \_\_\_\_\_ Дар`я СТРАДІНА**

**Науковий керівник:**

**професор \_\_\_\_\_ Віктор СТАБНІКОВ**

**Рецензент:**

**доцент \_\_\_\_\_ Олександр КРАМАРЕНКО**

**Миколаїв – 2026**

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Загальна характеристика кисломолочного сиру та технологічні основи його виробництва	7
1.1.1. Загальна характеристика кисломолочного сиру	7
1.1.2. Харчова та біологічна цінність кисломолочного сиру	8
1.1.3. Молоко як сировина для виробництва кисломолочного сиру	8
1.1.4. Вимоги до якості молока-сировини	9
1.1.5. Біотехнологія виробництва кисломолочного сиру	10
1.1.6. Фактори, що формують якість та вихід кисломолочного сиру	11
1.2. Мікробіологічні та біохімічні основи формування якості кисломолочного сиру	12
1.2.1. Роль молочнокислих мікроорганізмів у виробництві кисломолочного сиру	12
1.2.2. Біохімічні механізми коагуляції та формування структури продукту	13
1.2.3. Мікробіологічні та біохімічні зміни під час зберігання	14
1.2.4. Сучасні інноваційні напрями удосконалення технології кисломолочного сиру	15
1.2.5. Дефекти кисломолочного сиру та причини їх виникнення	17
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ	19
2.1. Місце та об'єкт досліджень	19
2.2. Методика виконання роботи	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	23

	3
3.1. Таксономічний статус та морфолого-культуральні властивості <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	23
3.2. Методи отримання <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	25
3.2.1. Підтримка колекційної культури	25
3.2.2. Одержання робочої культури	25
3.2.3. Виробниче культивування	27
3.3. Технологічна частина та розрахунок обладнання для процесу	28
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	41
4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці	42
ВИСНОВКИ	44
ПРОПОЗИЦІЇ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТОК А	50

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота викладена на 50 сторінках та має логічну структуру, що включає вступ, огляд літератури, розділ з матеріалами, умовами і методикою виконання роботи, результати досліджень, технологічну частину, розрахунок обладнання та розділ з охорони праці. Робота ілюстрована 1 таблицею та 3 рисунками. Список використаних джерел налічує 41 найменувань.

Тема дослідження – Одержання моноштамової закваски на основі *Lactococcus lactis subsp. lactis* для виробництва кисломолочного сиру.

Об'єктом дослідження є штам *Lactococcus lactis subsp. lactis* та процес його культивування для отримання заквашувальної культури молочнокислих бактерій.

Предметом дослідження є морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні властивості *Lactococcus lactis subsp. lactis*, умови підтримання культури, одержання посівного матеріалу, склад поживних середовищ і технологічні параметри культивування з метою накопичення біомаси та отримання моноштамової закваски.

Мета дослідження – розробити технологічні основи одержання моноштамової закваски *Lactococcus lactis subsp. lactis* для виробництва кисломолочного сиру та здійснити розрахунок основного технологічного обладнання.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання: розробити технологічну схему отримання моноштамової закваски для отримання сиру кисломолочного; провести розрахунок поживних середовищ і технологічного обладнання для виробництва закваски.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні використання *Lactococcus lactis subsp. lactis* як ефективної моноштамової заквашувальної культури для виробництва кисломолочного сиру. Отримані результати

можуть бути використані при розробленні та вдосконаленні біотехнологій виробництва заквасок і кисломолочних продуктів у промислових умовах.

## ВСТУП

Молочна промисловість є однією з провідних галузей харчової індустрії. Особливе місце серед молочних продуктів посідають кисломолочні продукти, які характеризуються високою харчовою цінністю, доброю засвоюваністю та наявністю фізіологічно активних компонентів [1, 2]. Одним із найбільш поширених і традиційних кисломолочних продуктів є кисломолочний сир (творог), який протягом багатьох століть залишається важливою складовою харчового раціону населення багатьох країн світу [3].

Кисломолочний сир є джерелом білка, незамінних амінокислот, кальцію, фосфору та вітамінів групи В. Завдяки високому вмісту казеїну та сприятливому амінокислотному складу він широко використовується у лікувально-профілактичному, дитячому та спортивному харчуванні [1, 4]. Крім того, внаслідок молочнокислого бродіння білки молока частково гідролізуються, що сприяє їх кращому засвоєнню організмом людини [2, 5].

Виробництво кисломолочного сиру базується на складних біотехнологічних процесах, що включають кероване культивування молочнокислих бактерій, ферментативне перетворення лактози на молочну кислоту та коагуляцію казеїнового комплексу молока [6]. Від активності заквашувальних культур значною мірою залежать швидкість сквашування, формування структури згустку, органолептичні властивості готового продукту та його мікробіологічна безпечність [7].

У сучасних умовах розвитку харчової біотехнології особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на вдосконалення технології кисломолочного сиру шляхом використання пробіотичних культур, біозахисних мікроорганізмів, мембранних методів концентрування молока та інших інноваційних рішень [8, 9]. Такі підходи дозволяють підвищити харчову цінність продукту, збільшити вихід білка, подовжити термін зберігання та покращити споживчі властивості готової продукції [10].

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Загальна характеристика кисломолочного сиру та технологічні основи його виробництва

##### 1.1.1. Загальна характеристика кисломолочного сиру

Кисломолочний сир (творог) належить до традиційних ферментованих молочних продуктів, що отримують шляхом кислотної або кислотно-ферментативної коагуляції білків молока з подальшим відокремленням сироватки [1, 2]. Його виробництво базується на контрольованому розвитку молочнокислих мікроорганізмів, які забезпечують утворення молочної кислоти та зниження рН до значень, близьких до ізоелектричної точки казеїну ( $\text{pH} \approx 4,6$ ), що призводить до формування білкового згустку [4, 6].

Залежно від масової частки жиру та технологічних особливостей розрізняють знежирений, нежирний, напівжирний та жирний кисломолочний сир. Окремо виділяють продукти з підвищеним вмістом білка та функціональні види, збагачені пробіотичними культурами або біологічно активними компонентами [8, 9].

У міжнародній практиці аналогами кисломолочного сиру є такі продукти, як quark та cottage cheese, які відрізняються деталями технології, але базуються на подібних біохімічних принципах коагуляції молочного білка [10]. Основною структурною основою продукту є просторовий казеїновий гель, здатний утримувати воду, жир та розчинні компоненти молока [5].

Кисломолочний сир характеризується високою концентрацією поживних речовин при відносно низькій енергетичній цінності, що зумовлює його широке використання у дієтичному, лікувально-профілактичному та спортивному харчуванні [2, 11].

### **1.1.2. Харчова та біологічна цінність кисломолочного сиру**

Кисломолочний сир є одним із найцінніших джерел молочного білка, вміст якого зазвичай становить 14–20 %, залежно від виду продукту та технології виробництва [1]. Основну частину білкової фракції становить казеїн, доповнений сироватковими білками, які частково зберігаються в продукті після відділення сироватки.

Білки кисломолочного сиру мають повноцінний амінокислотний склад і містять усі незамінні амінокислоти, зокрема лейцин, ізолейцин, валін, лізин та метіонін, які відіграють ключову роль у синтезі тканинних білків та регуляції метаболічних процесів [7].

Під час молочнокислого бродіння частина білків зазнає часткового протеолізу, внаслідок чого утворюються пептиди та амінокислоти, що підвищує їхню засвоюваність у шлунково-кишковому тракті людини [8]. Це є однією з причин високої біологічної цінності кисломолочного сиру порівняно з нативним молоком.

Продукт також є важливим джерелом мінеральних речовин, насамперед кальцію та фосфору, які знаходяться в оптимальному співвідношенні для засвоєння організмом [9]. Кальцій виконує структурну функцію у формуванні кісткової тканини та бере участь у регуляції нервово-м'язової провідності.

Вітамінний склад представлений переважно вітамінами групи В (В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>), а також жиророзчинними вітамінами А та D у жирних видах продукту [2]. Сукупність білків, мінералів і вітамінів визначає високу фізіологічну цінність кисломолочного сиру.

### **1.1.3. Молоко як сировина для виробництва кисломолочного сиру**

Молоко є основною сировиною для виробництва кисломолочного сиру і являє собою складну біологічну систему, що містить білки, жири, лактозу,

мінеральні речовини та біоактивні компоненти [2, 12].

Казеїнові білки є ключовим структурним елементом, який визначає вихід і якість готового продукту. Сироваткові білки, навпаки, залишаються переважно у сироватці, хоча сучасні технології дозволяють їх часткове включення до продукту [13].

Жир молока впливає на консистенцію, смак і енергетичну цінність кисломолочного сиру. Лактоза є основним субстратом для молочнокислих бактерій і визначає інтенсивність кислотонакопичення [14].

Якість молока-сировини є критичним фактором, що визначає ефективність біотехнологічного процесу, вихід продукту та його безпечність. Важливими показниками є бактеріальне обсіменіння, вміст соматичних клітин, кислотність, а також відсутність інгібуючих речовин (антибіотиків) [12].

#### **1.1.4. Вимоги до якості молока-сировини**

До молока, що використовується для виробництва кисломолочного сиру, висуваються підвищені вимоги щодо фізико-хімічних та мікробіологічних показників. Воно повинно бути свіжим, з низьким рівнем бактеріального обсіменіння та стабільними технологічними властивостями [12].

Наявність патогенної мікрофлори або залишків антибіотиків суттєво порушує розвиток заквашувальних культур і може призводити до дефектів згустку та зниження якості кінцевого продукту [14]. Високий вміст соматичних клітин також негативно впливає на термостабільність білкової фракції молока.

Оптимальними є параметри молока з нормалізованим вмістом білка та жиру, що забезпечує стабільну структуру згустку та високий вихід продукту [5].

### 1.1.5. Біотехнологія виробництва кисломолочного сиру

Виробництво кисломолочного сиру є класичним прикладом харчової біотехнології, в якій ключову роль відіграють мікробіологічні та ферментативні процеси [6].

Технологічний процес включає такі основні етапи:

1. Підготовка та нормалізація молока
2. Пастеризація для знищення сторонньої мікрофлори
3. Охолодження до температури заквашування
4. Внесення заквашувальних культур
5. Сквашування з утворенням молочнокислого згустку
6. Обробка згустку та відокремлення сироватки
7. Охолодження та фасування [1, 6].

Основу процесу становить діяльність молочнокислих бактерій, які здійснюють ферментацію лактози з утворенням молочної кислоти, що забезпечує коагуляцію казеїну [14]. Технологічні параметри (температура, тривалість сквашування, склад закваски) безпосередньо впливають на структуру, вологість та органолептичні властивості продукту [8].

Сучасні біотехнологічні підходи передбачають використання концентрованих заквасок, мембранних технологій обробки молока та застосування пробіотичних культур, що дозволяє підвищити вихід продукту та його функціональну цінність [8, 15].

У промислових умовах важливим аспектом формування якості кисломолочного сиру є також стабільність технологічного процесу при масштабуванні виробництва. Перехід від лабораторних або малих виробничих обсягів до промислових супроводжується зміною гідродинамічних умов, тепломасообміну та швидкості дифузійних процесів у молочній системі. Це може впливати на рівномірність коагуляції казеїну та структуру згустку [13].

Окрему роль відіграє ступінь нормалізації молока за жиром і білком. При недостатній кількості білка згусток формується слабкий і нестабільний, тоді як надлишок білкової фракції може призводити до надмірно щільної структури та зниження ніжності продукту. Співвідношення білок/жир є критичним технологічним параметром, який визначає текстурні характеристики кінцевого продукту [12].

Також слід враховувати вплив редокс-потенціалу молока, який змінюється під час пастеризації та подальшого розвитку мікрофлори. Зниження окисно-відновного потенціалу створює більш сприятливі умови для росту молочнокислих бактерій та пригнічує розвиток аеробної сторонньої мікрофлори, що позитивно впливає на стабільність процесу сквашування [14].

Важливим сучасним аспектом є енергоефективність технології виробництва. Використання мембранних методів, оптимізація режимів пастеризації та скорочення часу сквашування дозволяють зменшити енергетичні витрати при збереженні високої якості продукту. Це відповідає сучасним принципам ресурсозбереження у харчовій промисловості [15, 16].

#### **1.1.6. Фактори, що формують якість та вихід кисломолочного сиру**

Якість і вихід кисломолочного сиру визначаються сукупністю технологічних, сировинних та мікробіологічних факторів, які взаємодіють на всіх етапах виробництва. Одним із ключових параметрів є склад молока-сировини, зокрема вміст казеїну, який безпосередньо визначає кількість утвореного згустку та, відповідно, вихід готового продукту [12].

Важливим технологічним фактором є режим пастеризації. Надмірна термічна обробка може призводити до денатурації сироваткових білків і їх часткової коагуляції разом із казеїном, що змінює структуру згустку та підвищує вологоутримувальну здатність продукту [13]. З іншого боку,

недостатня пастеризація підвищує ризики розвитку сторонньої мікрофлори та знижує мікробіологічну безпечність.

Суттєвий вплив має також активність заквашувальних культур. Швидкість кислотоутворення визначає кінетику зниження рН, а отже – швидкість досягнення ізоелектричної точки казеїну. При надто швидкому підкисленні можливе утворення крихкого згустку, тоді як повільний процес призводить до надмірних втрат сироватки [14].

Окремим фактором є температура сквашування. Вона визначає метаболічну активність молочнокислих бактерій та впливає на баланс між швидкістю росту мікроорганізмів і формуванням білкової матриці [6].

Отже, вихід і якість кисломолочного сиру є інтегральним результатом взаємодії сировинних властивостей молока, параметрів технологічного процесу та активності мікробіологічних систем.

## **1.2. Мікробіологічні та біохімічні основи формування якості кисломолочного сиру**

### **1.2.1. Роль молочнокислих мікроорганізмів у виробництві кисломолочного сиру**

Мікробіологічна основа виробництва кисломолочного сиру базується на контрольованому розвитку молочнокислих бактерій, які забезпечують спрямовану ферментацію лактози з утворенням органічних кислот. Саме накопичення молочної кислоти є ключовим фактором, що визначає зниження рН, коагуляцію казеїнових міцел та формування просторової білкової структури продукту [14, 17].

До основних заквашувальних культур належать представники родів *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, а також лактобацили та лейконостоки, які беруть участь у формуванні смако-ароматичного профілю. Ці мікроорганізми характеризуються високою швидкістю росту в молочному

середовищі, здатністю до ефективного транспорту лактози та активною ферментативною системою, що забезпечує інтенсивне кислотоутворення [14].

Метаболізм молочнокислих бактерій може бути як гомоферментативним, так і гетероферментативним. У першому випадку основним продуктом є молочна кислота, що забезпечує швидке підкислення середовища. У другому додатково утворюються оцтова кислота, етанол та CO<sub>2</sub>, які впливають на органолептичні властивості, зокрема формування легкого ароматичного профілю [17].

Окрім участі у ферментації, молочнокислі бактерії виконують важливу захисну функцію. Вони пригнічують розвиток сторонньої та патогенної мікрофлори шляхом:

- зниження рН середовища,
- конкуренції за поживні речовини,
- синтезу бактеріоцинів [18].

Отже, мікробіологічний компонент є не лише технологічною основою процесу, а й фактором формування безпечності кінцевого продукту.

### **1.2.2. Біохімічні механізми коагуляції та формування структури продукту**

Формування кисломолочного сиру є результатом комплексних біохімічних процесів, що включають кислотну коагуляцію білків, частковий протеоліз та зміни колоїдного стану молока.

Основним структуроутворювальним компонентом є казеїн, який у молоці існує у вигляді міцел, стабілізованих кальцій-фосфатним комплексом. Під час накопичення молочної кислоти відбувається поступове зниження рН до ізоелектричної точки ( $\approx 4,6$ ), що призводить до втрати електростатичної стабільності міцел та їх агрегації [4, 5].

Процес коагуляції можна умовно представити як перехід колоїдної системи «золь - гель», що супроводжується формуванням тривимірної білкової матриці, здатної утримувати вологу та жирову фазу [6].

Паралельно з коагуляцією відбувається ферментативний гідроліз лактози:

$$M=V/n \quad (1)$$

де:  $M$  – молярність (моль/л), тобто концентрація розчиненої речовини;

$n$  – кількість речовини (молі лактози або продуктів її ферментації);

$V$  – об'єм розчину (літри молочної системи).

Цей процес є ключовим для підтримання кислотонакопичення, оскільки концентрація субстрату визначає швидкість метаболічної активності бактерій.

Додатково в системі відбувається частковий протеоліз казеїну під дією бактеріальних протеаз. Утворені пептиди та вільні амінокислоти:

- формують смак,
- підвищують засвоюваність білків,
- беруть участь у формуванні ароматичного профілю продукту [19].

Ліпідна фракція в процесі виробництва зазнає незначних змін, однак навіть слабкий ліполіз сприяє появі характерних смакових відтінків, особливо у жирних видах продукту [20].

### **1.2.3. Мікробіологічні та біохімічні зміни під час зберігання**

Після завершення технологічного процесу в кисломолочному сирі продовжуються повільні біохімічні процеси, які визначають стабільність якості під час зберігання.

Основним процесом є постферментаційний протеоліз, який може мати як позитивний, так і негативний вплив. Помірний розпад білків сприяє покращенню смаку, тоді як надмірний – призводить до розм'якшення структури та появи гіркоти [21].

Динаміка кислотності під час зберігання залежить від залишкової активності молочнокислих бактерій. Подальше накопичення органічних кислот може спричиняти ущільнення білкової матриці та явище синерезису – відділення сироватки, що є небажаним технологічним дефектом [8].

Мікробіологічна стабільність продукту значною мірою визначається умовами зберігання (температура, герметичність упаковки, санітарний стан виробництва). При порушенні цих умов можливий розвиток сторонньої мікрофлори, включаючи умовно-патогенні мікроорганізми, що негативно впливають на безпечність продукту [12].

#### **1.2.4. Сучасні інноваційні напрями удосконалення технології кисломолочного сиру**

Сучасні підходи до виробництва кисломолочного сиру спрямовані на підвищення його функціональної цінності, стабільності та технологічної ефективності процесу [11].

Одним із ключових напрямів є використання пробіотичних культур, зокрема *Lactocaseibacillus rhamnosus* та *Bifidobacterium animalis*, які забезпечують додатковий фізіологічний ефект, пов'язаний із позитивним впливом на мікробіоту кишечника та імунну систему людини [8, 15].

Важливим технологічним напрямом є застосування мембранних методів обробки молока (ультрафільтрація, мікрофільтрація). Вони дозволяють:

- підвищити концентрацію білка,
- зменшити втрати сироваткових білків,
- підвищити вихід готового продукту,
- стабілізувати якість сировини [15].

Також активно розвиваються фізичні методи інтенсифікації технологічних процесів. Зокрема, ультразвукова обробка сприяє модифікації

структури казеїнових міцел, що покращує ферментативну доступність субстрату та прискорює процес сквашування [22].

Окремий перспективний напрям становить використання біозахисних культур, які продукують бактеріоцини та інші антимікробні сполуки. Це дозволяє зменшити залежність від хімічних консервантів та підвищити природну стабільність продукту [18].

Комплексне впровадження зазначених інновацій формує сучасну концепцію виробництва кисломолочного сиру як функціонального продукту з контрольованими властивостями, підвищеною харчовою цінністю та поліпшеними споживчими характеристиками [11].

Сучасні дослідження мікробіології кисломолочних продуктів показують, що заквашувальні культури виконують не лише технологічну, але й метаболічно регуляторну функцію, впливаючи на формування біоактивних сполук. Під час ферментації можуть утворюватися біоактивні пептиди з антигіпертензивними, антиоксидантними та імуномодуючими властивостями, що підвищує функціональну цінність кисломолочного сиру [23].

Окрему увагу приділяють міжвидовій взаємодії мікроорганізмів у заквасках. Синергія між різними видами молочнокислих бактерій дозволяє прискорити процес сквашування та стабілізувати органолептичні властивості продукту. Наприклад, поєднання термофільних і мезофільних культур забезпечує як швидке кислотоутворення, так і формування складнішого смакового профілю [21].

Важливим є також поняття стресостійкості мікроорганізмів, яке визначає їх здатність виживати при зміні температури, кислотності та осмотичного тиску. У промислових заквасках відбираються штами з підвищеною стійкістю, що гарантує стабільність технологічного процесу [14].

З точки зору безпечності, сучасні технології активно використовують бактеріоцини як природні антимікробні агенти. Вони пригнічують розвиток

*Listeria monocytogenes* та інших патогенів, що дозволяє зменшити потребу в додаткових консервуючих заходах і забезпечити “clean label” підхід до виробництва [18].

Нарешті, важливим напрямом є розвиток персоналізованого функціонального харчування, де кисломолочний сир розглядається як матриця для доставки пробіотичних культур і біоактивних компонентів відповідно до фізіологічних потреб різних груп населення (діти, спортсмени, люди похилого віку) [11, 15].

### **1.2.5. Дефекти кисломолочного сиру та причини їх виникнення**

Під час виробництва та зберігання кисломолочного сиру можуть виникати технологічні та мікробіологічні дефекти, які суттєво впливають на якість готового продукту. Їх виникнення пов'язане з порушенням параметрів технологічного процесу або розвитком небажаної мікрофлори [11, 21].

Одним із найпоширеніших дефектів є надмірне відділення сироватки (синерезис). Воно виникає при надмірному підкисленні або механічному пошкодженні білкової структури згустку. Це призводить до втрати вологи та погіршення консистенції продукту [8].

Іншим дефектом є надто щільна або, навпаки, крихка консистенція. Перша часто пов'язана з надлишковим протеолізом або високою кислотністю, тоді як друга – з недостатнім розвитком молочнокислої мікрофлори та слабким формуванням білкової матриці [19].

Можливі також смакові дефекти, зокрема гіркота, яка виникає внаслідок надмірного розщеплення білків до гірких пептидів під дією бактеріальних або власних ферментів молока. Неприємні запахи можуть бути наслідком розвитку сторонньої мікрофлори при порушенні температурного режиму зберігання [21].

Особливо небезпечними є мікробіологічні дефекти, пов'язані з розвитком патогенних або умовно-патогенних мікроорганізмів. Це може

відбуватися при недостатній пастеризації молока або порушенні санітарних умов виробництва, що негативно впливає на безпечність продукту [11].

Отже, контроль технологічних параметрів та мікробіологічного стану є критично важливим для забезпечення стабільної якості кисломолочного сиру протягом усього терміну його зберігання.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

#### 2.1. Місце та об'єкт дослідження

Робота виконувалася під час проходження виробничої практики на ПрАТ «Лакталіс», розташованому в місті Миколаїв. Підприємство входить до складу міжнародної групи Lactalis, яка є одним із найбільших виробників молочної продукції у світі. Виробничі потужності підприємства спеціалізуються на переробці молока та випуску широкого асортименту молочних продуктів, зокрема продукції під торговельною маркою Président.

ПрАТ «Лакталіс» оснащено сучасним технологічним обладнанням для приймання, підготовки та переробки молочної сировини, а також системами контролю якості та безпечності харчових продуктів. На підприємстві здійснюється вхідний контроль сировини, виробничий контроль на всіх етапах технологічного процесу та контроль якості готової продукції відповідно до чинних нормативних вимог і внутрішніх стандартів компанії.

Об'єктом дослідження був технологічний процес виробництва кисломолочного сиру як одного з найважливіших білкових кисломолочних продуктів. У роботі розглядалися основні етапи виробництва, починаючи від підготовки молока-сировини до отримання та фасування готового продукту.

Предметом дослідження були біотехнологічні, мікробіологічні та біохімічні процеси, що відбуваються під час виробництва кисломолочного сиру. Особливу увагу приділяли характеристиці молока як сировини, особливостям використання заквашувальних культур, процесам молочнокислого бродіння, формуванню білкового згустку та чинникам, що впливають на якість і безпечність готової продукції.

Під час проходження практики було проведено ознайомлення зі структурою підприємства, організацією виробничих процесів, системою контролю якості, технологічною документацією та основними виробничими

операціями. Отримані матеріали були використані для аналізу біотехнологічних особливостей виробництва кисломолочного сиру та узагальнення сучасних підходів до його виготовлення.

## **2.2. Методика виконання роботи**

Методика виконання роботи ґрунтувалася на комплексному підході, який передбачав аналіз наукової літератури, нормативної документації, виробничих матеріалів підприємства та узагальнення отриманої інформації щодо біотехнології виробництва кисломолочного сиру.

На першому етапі роботи було проведено пошук, систематизацію та аналіз літературних джерел, присвячених складу і властивостям молока, технології виробництва кисломолочного сиру, мікробіологічним основам молочнокислого бродіння, біохімічним процесам формування структури продукту та сучасним напрямом удосконалення технології кисломолочних продуктів. Для цього використовували наукові монографії, статті у фахових виданнях, довідкову літературу та нормативні документи.

На другому етапі було вивчено особливості організації виробництва на ПрАТ «Лакталіс». Під час проходження практики здійснювали ознайомлення з технологічною схемою виробництва бактеріальних заквасок, основними технологічними операціями та обладнанням, що використовується на окремих стадіях виробничого процесу.

У межах дослідження було проаналізовано основні етапи виробництва закваски для кисломолочного сиру:

- підготовка поживного середовища для культивування мікроорганізмів;
- стерилізація поживного середовища та технологічного обладнання;
- внесення виробничої культури молочнокислих бактерій;
- культивування мікроорганізмів за контрольованих параметрів температури та кислотності;

- контроль росту культури та накопичення біомаси;
- охолодження культуральної рідини;
- концентрування клітинної біомаси (за наявності відповідної технології);
- фасування та зберігання готової закваски.

Особливу увагу приділяли аналізу біотехнологічних процесів, що лежать в основі отримання моноштамових заквасок. Розглядали фізіолого-біохімічні властивості окремого штаму молочнокислих бактерій, кінетику його росту, здатність до ферментації лактози, швидкість кислотоутворення та стабільність технологічно важливих характеристик при зберіганні. Як виробничий штам використано чисту культуру *Lactococcus lactis subsp. lactis* як моноштамову закваску для забезпечення контрольованого кислотоутворення при виробництві кисломолочного сиру.

Для оцінювання якості закваски використовували показники виробничого контролю та вимоги нормативної документації. Аналізували мікробіологічні та технологічні параметри, зокрема концентрацію життєздатних клітин (КУО/г або КУО/см<sup>3</sup>), швидкість зниження рН при внесенні у молоко, стабільність кислотоутворення, чистоту культури та відсутність сторонньої мікрофлори.

У процесі виконання роботи застосовували загальнонаукові методи дослідження: аналіз, синтез, порівняння, систематизацію та узагальнення інформації. Отримані результати використовували для характеристики біотехнологічних особливостей виробництва моноштамових заквасок, оцінювання ролі мікробіологічних процесів у формуванні їх технологічних властивостей та визначення сучасних підходів до стабілізації виробничих культур.

Схема виконання роботи включала такі послідовні етапи: аналіз літературних джерел і нормативної документації; ознайомлення з виробничими процесами на підприємстві; вивчення технології отримання моноштамової закваски; аналіз росту та метаболічної активності окремого

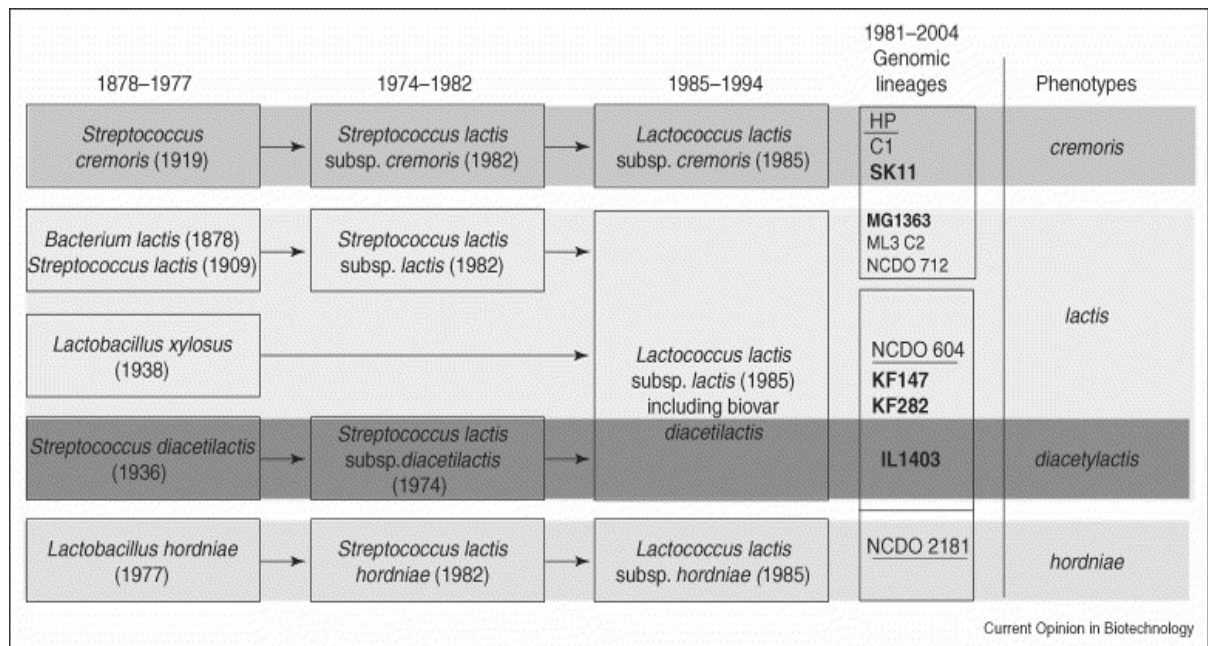
штаму молочнокислих бактерій; узагальнення отриманих результатів та формулювання висновків.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

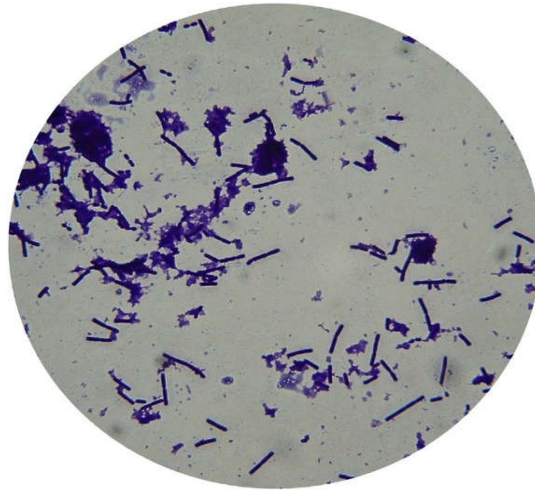
#### 3.1. Таксономічний статус та морфолого-культуральні властивості *Lactococcus lactis subsp. lactis*

Таксономічно *Lactococcus lactis subsp. lactis* належить до домену *Bacteria*, типу *Firmicutes*, класу *Bacilli*, порядку *Lactobacillales*, родини *Streptococcaceae*, роду *Lactococcus*. Вид *L. lactis* включає декілька підвидів, серед яких *subsp. lactis* та *subsp. cremoris* є основними промислово значущими формами, що широко застосовуються у молочній біотехнології, зокрема у виробництві кисломолочних продуктів і сирів [24].



**Рис. 1. Зміна назв *Lactococcus lactis subsp. lactis* [25]**

Згідно з сучасними даними геноміки та фенотипування, *L. lactis subsp. lactis* є грампозитивною, неспороутворюючою, каталазонегативною бактерією, яка має сферичну або злегка овальну форму клітин. Діаметр клітин зазвичай становить приблизно 0,5–1,5 мкм. Клітини можуть розташовуватися поодинокі, парами або короткими ланцюжками, що є типовою морфологічною ознакою для представників роду *Lactococcus* [26].



**Рис. 2. Клітини *Lactococcus lactis subsp. lactis* пофарбовані за грамом під світловим мікроскопом**

Культурально цей мікроорганізм характеризується здатністю до росту в діапазоні помірних температур. Оптимум росту зазвичай становить близько 30 °С, при цьому бактерія є мезофільною. Вона здатна рости в умовах обмеженого доступу кисню, тобто належить до факультативних анаеробів, хоча найактивніше ферментативні процеси відбуваються за зниженого парціального тиску кисню [28].

На щільних поживних середовищах *L. lactis subsp. lactis* утворює дрібні, округлі, гладкі колонії білого або кремового кольору з рівними краями. Колонії зазвичай мають блискучу поверхню та рівномірну консистенцію, що свідчить про гомогенний характер росту культури [29].



**Рис. 3. Колонії *L. lactis subsp. lactis* на кров'яному агарі [30]**

Фізіолого-біохімічно цей підвид характеризується переважно гомоферментативним типом метаболізму, при якому основним продуктом ферментації вуглеводів є молочна кислота. Це забезпечує швидке зниження рН у середовищі та створює умови для коагуляції казеїнового комплексу молока. Така властивість є ключовою для використання даного мікроорганізму як заквашувальної культури у молочній промисловості [31].

Окремо слід відзначити, що сучасні геномні дослідження показують значну внутрішньовидову різноманітність *L. lactis subsp. lactis*, що проявляється у варіаціях метаболізму вуглеводів, швидкості кислотоутворення та стресостійкості. Це пов'язано з адаптацією штамів до різних екологічних ніш, включаючи молочне та рослинне середовище [31].

## **3.2. Методи отримання *Lactococcus lactis subsp. lactis***

### **3.2.1. Підтримка колекційної культури**

Штам *L. lactis subsp. lactis* I7, використаний у дослідженні, був ізольований із природних сироваткових заквасок коров'ячого молока, що застосовуються для виробництва традиційних італійських сирів. Для підтримання життєздатності культури бактерії культивували на середовищі M17 до експоненційної фази росту, після чого біомасу переносили у свіже стерильне середовище M17 із додаванням 20 % гліцеролу як кріопротектора. Отримані суспензії розподіляли у стерильні кріопробірки по 1 мл при оптичній густині близько 20 одиниць ( $OD_{600}$ ) та зберігали при температурі – 80 °С. Оновлення запасу колекційної культури проводили кожні шість місяців із заміною попередніх кріозразків [32].

### **3.2.2. Одержання робочої культури**

Для отримання робочої культури кріоконсервований штам

відновлювали шляхом висіву на середовище M17 та інкубували до досягнення експоненційної фази росту. Отриману культуру використовували для підготовки посівного матеріалу. Робочу культуру вирощували у 250-мл колбах, що містили 200 мл поживного середовища, за температури 30 °С при перемішуванні зі швидкістю 150 об/хв протягом 3–4 годин. Посівний матеріал використовували за умови досягнення необхідної концентрації клітин для внесення в біореактор [32].

На етапі підтримки та нарощування інокуляту використовували середовище M17 такого складу (г/л) [32]:

лактоза – 5,0;

м'ясний екстракт – 5,0;

м'ясний пептон – 2,5;

соєвий пептон – 5,0;

триптон – 2,5;

дріжджовий екстракт – 2,5;

аскорбінова кислота – 0,5;

магнію сульфат – 0,25;

натрію гліцерофосфат – 19,0.

Культивування здійснювали при температурі 30 °С, швидкості перемішування 150 об/хв та без аерації [32].

Поділ на композиції:

Композиція 1: лактоза, м'ясний екстракт, м'ясний пептон, соєвий пептон, триптон, дріжджовий екстракт. Стерилізація при 120 °С протягом 20 хвилин.

Композиція 2: аскорбінова кислота, магнію сульфат. Стерилізація при 131 °С протягом 30 хвилин.

Композиція 3: натрію гліцерофосфат. Стерилізація при 131 °С протягом 30 хвилин. Відокремлюємо за наявності катіонів магнію, які з фосфатами дають нерозчинний осад.

### 3.2.3. Виробниче культивування

За результатами оптимізації складу поживного середовища методом планування експерименту (DoE) було запропоновано безлактозне середовище рослинного походження, що забезпечувало інтенсивніше накопичення біомаси *L. lactis*. Склад виробничого середовища становив (г/л) [32]:

глюкоза – 20,0;

соєвий пептон – 20,0;

дріжджовий екстракт – 15,0;

динатрій гідрофосфат ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) – 19,0.

Поділ на композиції: Композиція 1: глюкоза, соєвий пептон, дріжджовий екстракт. Стерилізація при 120 °C протягом 20 хвилин.

Композиція 2: динатрій гідрофосфат. Стерилізація при 131 °C протягом 30 хвилин.

Застосування цього середовища дозволило збільшити накопичення біомаси більш ніж удвічі порівняно зі стандартним середовищем M17.

Культивування проводили у біореакторі робочим об'ємом 2,0 л при таких параметрах[32]:

- температура – 30 °C;
- швидкість перемішування – 150 об/хв;
- аерація – відсутня;
- рН середовища – 6,5, який підтримували автоматичним внесенням гідроксиду амонію та сульфатної кислоти (по 15-%);
- об'єм посівного матеріалу – 10 % (об./об.);
- початкова оптична густина культуральної рідини –  $\text{OD}_{600} = 0,1$ .

У роботі досліджували три режими культивування: періодичний, періодичний із імпульсною подачею субстрату та напівбезперервний з підживленням. Найефективнішим виявився режим напівбезперервний з підживленням, за якого подачу концентрованого розчину глюкози (320 г/л)

здійснювали після зниження її концентрації у ферментаційному середовищі до  $1 \pm 0,5$  г/л. Загальна кількість внесеного субстрату відповідала кінцевій концентрації глюкози 80 г/л. Швидкість подачі глюкози становила [32]:

- 10 г/(л·год) протягом першої години;
- 12 г/(л·год) протягом наступних двох годин;
- 10 г/(л·год) упродовж четвертої та п'ятої годин;
- 8 г/(л·год) до завершення процесу ферментації.

За таких умов концентрація сухої біомаси досягала  $14,6 \pm 1,0$  г/л, а кількість життєздатних клітин становила  $1,9 \times 10^{10}$  КУО/мл.

### 3.3. Технологічна частина та розрахунок обладнання для процесу

Отже, для прорахунку надано наступні дані: ферментер об'ємом 100 л, заповнення 0,6. Розрахунки показано в таблиці 1.

Перерахуємо підживлювальний розчин. Загальна витрата глюкози визначається як сума витрат на кожному інтервалі культивування, де миттєва швидкість подачі перераховується в абсолютні одиниці з урахуванням об'єму ферментера.

Об'єм культуральної рідини становить 60 л, тому перехід від питомої швидкості подачі  $q$  (г/(л·год)) до абсолютної швидкості  $G$  (г/год) здійснюється за рівнянням  $G=q \cdot V$ , де  $V=60$ л.

На першому етапі (0–1 година) швидкість подачі становить 10 г/(л·год), відповідно абсолютна подача дорівнює  $10 \times 60 = 600$  г/год. За одну годину сумарна кількість глюкози становить  $600 \times 1 = 600$  г.

На другому етапі (2–3 години) швидкість становить 12 г/(л·год), що відповідає  $12 \times 60 = 720$  г/год. Тривалість етапу становить 2 години, отже сумарна кількість глюкози дорівнює  $720 \times 2 = 1440$  г.

На третьому етапі (4–5 години) швидкість знову знижується до 10 г/(л·год), тобто  $10 \times 60 = 600$  г/год. За 2 години подається  $600 \times 2 = 1200$  г глюкози.

Таблиця 1

**Прорахунок об'єму поживного середовища та компонентів на кожну стадію підготовки**

Стадія	Колби		Інокулятор 10 л		Ферментер 100 л	
Загальний об'єм	1*0,6=0,6 л		10 л*0,6=6 л		100 л*0,6= 60 л	
Об'єм ПС	0,6-10%=0,54 л		6-10%=5,4 л		60-10%=54 л	
	Склад ПС, г/л	Перерахунок, г	Склад ПС, г/л	Перерахунок, г	Склад ПС, г/л	Перерахунок, г
Компоненти	лактоза – 5,0;	2,7	лактоза – 5,0;	27	глюкоза – 20,0;	1080
	м'ясний екстракт – 5,0;	2,7	м'ясний екстракт – 5,0;	27		
	м'ясний пептон – 2,5;	1,35	м'ясний пептон – 2,5;	13,5	соєвий пептон – 20,0;	1080
	соєвий пептон – 5,0;	2,7	соєвий пептон – 5,0;	27		
	триптон – 2,5;	1,35	триптон – 2,5;	13,5		
	дріжджовий екстракт – 2,5;	1,35	дріжджовий екстракт – 2,5;	13,5	дріжджовий екстракт – 15,0;	810
	аскорбінова кислота – 0,5;	0,27	аскорбінова кислота – 0,5;	2,7	динатрій гідрофосфат – 19,0.	1026
	магнію сульфат – 0,25;	0,14	магнію сульфат – 0,25;	1,35		
	натрію гліцерофосфат – 19,0.	10,26	натрію гліцерофосфат – 19,0.	102,6		

На четвертому етапі (6–24 години) швидкість становить 8 г/(л·год), що відповідає  $8 \times 60 = 480$  г/год. Тривалість цього етапу становить 19 годин, тому загальна кількість глюкози дорівнює  $480 \times 19 = 9120$  г.

Сумарна витрата глюкози за весь період культивування становить  $600 + 1440 + 1200 + 9120 = 12\,360$  г, або 12,36 кг.

Якщо використовується концентрат глюкози з концентрацією 320 г/л, необхідний об'єм розчину визначається як  $12\,360 / 320 = 38,625$  л, що становить приблизно 38,63 л.

Технологічну схему одержання біомаси *L. lactis* з метою виробництва моноштамової закваски для сиру кисломолочного наведено у графічній частині проєкту на двох аркушах формату А1.

Технологічна схема охоплює комплекс допоміжних і основних технологічних операцій. До допоміжних процесів належать санітарна підготовка виробництва, підготовка аераційного повітря для перекачування посівного матеріалу, оскільки культура культивується в безкисневих умовах (за рахунок утворення вуглекислого газу під час свого культивування), приготування та стерилізація поживних середовищ для різних стадій культивування. Основний технологічний процес включає послідовне вирощування культури у колбах, інокуляторах об'ємом 10 л, а також виробниче культивування у ферментері об'ємом 100 л. Далі, технологічний процес показує виробництво самої закваски.

### ***ДР 1. Санітарна підготовка виробництва***

#### *ДР 1.1 Підготовка мийних та дезінфекційних засобів*

##### *ДР 1.1.1 Приготування мийного розчину PUR-265*

Для очищення технологічного обладнання застосовують універсальний мийний засіб PUR-265. Для забезпечення миття всього обладнання готують близько 20 л робочого розчину. У металеву ємність місткістю 25 л вносять 100 мл концентрованого засобу, після чого за допомогою мірного циліндру на 5 л додають 19,9 л питної води. Суміш перемішують до отримання однорідного розчину.

### *ДР 1.1.2 Приготування робочого розчину Венедор*

Для щоденного санітарного прибирання виробничих приміщень використовують 30 л робочого розчину Венедор концентрацією 0,1 %. Для його приготування в ємність об'ємом 35 л вносять 3 мл концентрату, додають 30 л питної води, нагрітої до температури  $(50 \pm 5)$  °С, після чого ретельно перемішують до повного розчинення препарату.

Під час генерального прибирання потреба у робочому розчині Венедор концентрацією 0,1 % становить 32,6 л. Для приготування необхідного об'єму до переносної емальованої ємності додають 3,3 мл концентрату та 32,6 л питної води температурою  $(50 \pm 5)$  °С. Отриманий розчин перемішують до повного розчинення засобу.

### *ДР 1.2 Підготовка виробничих приміщень*

#### *ДР 1.2.1 Щоденне прибирання*

Щоденну санітарну обробку виробничих приміщень здійснюють із використанням мийно-дезінфекційного засобу Венедор (ДР 1.1.2) у концентрації 0,1 %.

#### *ДР 1.2.2 Генеральне прибирання*

Для проведення генерального прибирання використовують розчин Венедор (ДР 1.1.2) концентрацією 0,1 %. Генеральне прибирання виконують один раз на місяць. Окрім миття підлоги, здійснюють очищення дверей, стін та вікон. Після завершення санітарної обробки проводять мікробіологічний контроль поверхонь. Рівень мікробного обсіменіння повинен відповідати встановленим вимогам і не перевищувати 1000 КУО.

### *ДР 1.3 Підготовка обладнання та комунікацій*

#### *ДР 1.3.1 Миття та ополіскування обладнання*

Для миття технологічного обладнання та трубопроводів використовують робочий мийний розчин PUR-265 (ДР 1.1.1), попередньо нагрітий до 55 °С.

Мобільну СІР-установку з'єднують із розпилювальною головкою обладнання за допомогою гнучкого шланга та після приготування мийного

розчину встановлюють необхідний режим миття. Технологічне обладнання підключають до СІР-станції трубопроводом, після чого монтують розпилувальну форсунку та закривають усю запірну арматуру, залишаючи відкритою лише лінію подачі мийного розчину.

Робочий розчин подають насосом СІР-установки відповідно до встановленого режиму: попереднє промивання протягом 15 хвилин, миття мийним розчином упродовж 30 хвилин та заключне ополіскування протягом 15 хвилин. Мийний розчин циркулює по замкненому контуру та може використовуватися повторно для очищення наступних одиниць обладнання. Після завершення кількох циклів миття відпрацьовані розчини та промивні води направляють на знешкодження.

#### *ДР 1.3.2 Технічний огляд обладнання*

Після завершення миття та ополіскування проводять технічний огляд обладнання з метою виявлення можливих порушень герметичності комунікацій та запірної арматури. У разі виявлення нещільностей здійснюють підтягування різьбових з'єднань та усунення виявлених дефектів.

#### *ДР 1.3.3 Перевірка герметичності обладнання*

Для контролю герметичності закривають усю запірну арматуру апарата та нагнітають повітря до надлишкового тиску 0,1–0,2 МПа. Після цього перекривають подачу повітря та фіксують показники манометра і тривалість витримки (30–60 хв). Обладнання вважають герметичним, якщо зниження тиску не перевищує 0,01 МПа.

У випадку виявлення витоків проводять пошук місць розгерметизації за допомогою галогенових течієпошукачів. Для цього в апарат вводять незначну кількість легкої галогеновмісної речовини, після чого його нагрівають до 80 °С та підвищують тиск до 0,2 МПа. Пари речовини проникають через нещільності та реєструються течієпошукачем. Загальна тривалість перевірки становить близько 1 години. Після усунення дефектів контроль герметичності повторюють.

### *ДР 1.3.4 Стерилізація обладнання*

На першому етапі здійснюють попередній прогрів апарата шляхом подачі пари до сорочки до досягнення температури 80–90 °С.

Стерилізацію проводять подачею гострої пари безпосередньо в апарат через нижній патрубок. Для видалення повітря відкривають клапан відведення газової суміші. Після досягнення температури 130–135 °С усю арматуру, крім парової лінії, закривають і витримують обладнання за тиску 0,15 МПа протягом 1,5 години.

Після завершення стерилізації подачу пари припиняють, а в сорочку апарата подають холодну воду. Охолодження проводять до температури 30–40 °С. Вакуум, що утворюється під час охолодження, компенсують подачею стерильного повітря.

### *ДР 1.4 Підготовка персоналу*

Персонал проходить навчання та санітарно-гігієнічну підготовку, що включає правила використання мийних і дезінфекційних засобів, проведення санітарної обробки обладнання та виробничих приміщень, а також дотримання вимог виробничої гігієни.

## *ДР 2. Підготовка аераційного повітря*

### *ДР 2.1 Забір атмосферного повітря*

Забір атмосферного повітря здійснюють через повітрозабірний пристрій, розташований на висоті 10 м, що забезпечує мінімальний вміст пилу та мікроорганізмів у повітряному потоці.

### *ДР 2.2 Грубе очищення повітря*

Первинне очищення повітря від механічних домішок і пилу здійснюють у фільтрі грубого очищення зі ступенем затримання частинок близько 80 %.

### *ДР 2.3 Компресування повітря*

У компресорній установці повітря стискають до тиску приблизно 0,4 МПа, що супроводжується підвищенням його температури.

### *ДР 2.4 Охолодження повітря та видалення надлишкової вологи*

Для зниження вологості та зменшення ризику контамінації стиснене повітря охолоджують у теплообміннику до температури близько 19 °С. Конденсована волога відокремлюється у ресивері, внаслідок чого відносна вологість повітря знижується приблизно до 60 %.

#### *ДР 2.5 Нагрівання повітря*

З метою запобігання утворенню конденсату на фільтрувальних елементах повітря після охолодження повторно нагрівають у теплообміннику до температури 30 °С.

#### *ДР 2.6 Очищення повітря в головному фільтрі*

Після попередньої підготовки повітря проходить через головний фільтр, де ступінь його очищення досягає 95 %.

#### *ДР 2.7 Очищення повітря в індивідуальних фільтрах*

Перед кожним інокулятором та виробничим ферментером встановлюють індивідуальні стерилізувальні фільтри. Після проходження через них ступінь очищення аераційного повітря становить 99,99998 %.

### *ДР 3. Приготування та стерилізація поживних середовищ*

*ДР 3.1. Приготування та стерилізація поживного середовища для одержання посівного матеріалу в колбах на качалці*

#### *ДР 3.1.1. Приготування та стерилізація композиції 1*

На технічних вагах зважують 2,7 г лактози, 2,7 г м'ясного екстракту, 2,7 г соєвого пептону, 1,35 г м'ясного пептону, 1,35 г триптонну та 1,35 г дріжджового екстракту. Наважки пересипають в термостійку скляну колбу. Далі, за допомогою мірного циліндру об'ємом 500 мл доливають 300 мл води питної. Вміст колби перемішують до повного розчинення компонентів. Колбу з готовим до стерилізації розчином закривають ватно-марлевым корком та передають на стерилізацію до автоклаву при 120 °С протягом 20 хвилин.

#### *ДР 3.1.2. Приготування та стерилізація композиції 2*

На технічних вагах зважують 0,27 г аскорбату та 0,14 г сульфату магнію. Солі пересипають в термостійку скляну колбу. Далі, за допомогою

мірного циліндру об'ємом 250 мл доливають 120 мл води питної. Вміст колби перемішують до повного розчинення компонентів. Колбу з готовим до стерилізації розчином закривають ватно-марлевым корком та передають на стерилізацію до автоклаву при 131 °С протягом 30 хвилин.

*ДР 3.1.3. Приготування та стерилізація композиції 3*

На технічних вагах зважують 10,26 г натрію гліцерофосфату. Сіль пересипають в терmostійку скляну колбу. Далі, за допомогою мірного циліндру об'ємом 250 мл доливають 120 мл води питної. Вміст колби перемішують до повного розчинення компонентів. Колбу з готовим до стерилізації розчином закривають ватно-марлевым корком та передають на стерилізацію до автоклаву при 131 °С протягом 30 хвилин.

*ДР 3.2. Приготування та стерилізація поживного середовища для одержання посівного матеріалу в інокуляторі на 10 л*

*ДР 3.2.1. Приготування та стерилізація композиції 1*

На технічних вагах зважують 27 г лактози, 27 г м'ясного екстракту, 27 г соєвого пептону, 13,5 г м'ясного пептону, 13,5 г триптону та 13,5 г дріжджового екстракту. Наважки пересипають в терmostійку скляну колбу. Далі, за допомогою мірного циліндру об'ємом 500 мл доливають 400 мл води питної. Вміст колби перемішують до повного розчинення компонентів. Колбу з готовим до стерилізації розчином закривають ватно-марлевым корком та передають на стерилізацію до автоклаву при 120 °С протягом 20 хвилин.

*ДР 3.2.2. Приготування та стерилізація композиції 2*

На технічних вагах зважують 2,7 г аскорбату та 1,4 г сульфату магнію. Солі пересипають в терmostійку скляну колбу. Далі, за допомогою мірного циліндру об'ємом 250 мл доливають 500 мл води питної. Вміст колби перемішують до повного розчинення компонентів. Колбу з готовим до стерилізації розчином закривають ватно-марлевым корком та передають на стерилізацію до автоклаву при 131 °С протягом 30 хвилин.

*ДР 3.2.3. Приготування та стерилізація композиції 3*

На технічних вагах зважують 102,6 г натрію гліцерофосфату. Сіль пересипають в реактор-змішувач об'ємом 5 л. Далі, за допомогою об'ємно-вагового дозатора доливають 4,1 л води питної (10-% припадає на конденсат). Вмикається мішалка до повного розчинення солі. Далі, розчин солі самоплином подається до інокулятора, де буде відбуватись стерилізація композиції при 131 °С протягом 30 хвилин.

*ДР 3.3. Приготування та стерилізація поживного середовища для виробничого культивування в ферментері на 100 л*

*ДР 3.3.1. Приготування та стерилізація композиції 1*

На технічних вагах зважують 1080 г глюкози, 1080 г соєвого пептону, 810 г дріжджового екстракту. Наважки пересипають в реактор для стерилізації об'ємом 10 л. Далі, за допомогою об'ємно-вагового дозатора доливають 7,3 л води питної (10% припадає на конденсат). Вмикається мішалка до повного розчинення компонентів. Апарат закривають кришкою, а до нього подається пара та встановлюється наступний режим стерилізації при 120 °С протягом 20 хвилин.

*ДР 3.3.2. Приготування та стерилізація композиції 2*

На технічних вагах зважують 1026 г динатрію гідрофосфату. Сіль пересипають в реактор-змішувач об'ємом 50 л. Далі, за допомогою об'ємно-вагового дозатора доливають 32,7 л води питної (10-% припадає на конденсат). Вмикається мішалка до повного розчинення солі. Далі, розчин солі самоплином подається до ферментера, де буде відбуватись стерилізація композиції при 131 °С протягом 30 хвилин.

#### ***ТП 4. Підготовка посівного матеріалу***

*ТП 4.1. Підтримання колекційної культури*

Культуру *L. lactis* subsp. *lactis* I7 зберігають на скошеному М17-агарі при 4°С. Пересів роблять кожні 1-3 місяці. Всі роботи з культурою виконують в асептичних умовах.

*ТП 4.2. Одержання робочої культури на агаризованих середовищах*

Колекційну культуру, що зберігається в пробірках з М17-агаром, розсівають петлею на чашки Петрі із М17-агаром і вирощують при температурі 30 °С упродовж 48 год.

#### *ТП 4.3. Вирощування посівного матеріалу в пробірках*

Отримані ізольовані колонії (від ТП 5.2) пересівають петлею в пробірки зі скошеним М17-агаром (одна ізольована колонія використовується для засіву однієї пробірки). Тривалість вирощування – 48 год. Засіяні пробірки ставлять у термостат з температурою 30 °С та витримують впродовж 48 год. Контроль за чистотою культури здійснюють мікроскопіюванням.

#### *ТП 4.4. Вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках*

Вміст колб від ДР 3.1.1 – ДР 3.1.3 зливають в стерильних умовах в літрову стерильну колбу для об'єднання усіх композицій. Готове середовище перемішують і розливають по 135 мл в 4 стерильних качалочних колб об'ємом 750 мл.

У пробірку з робочою культурою *L. lactis* subsp. *lactis* I7, вирощеною на М17-агарі, вносять 5 мл стерильного фізіологічного розчину, суспендують клітини (змивають культуру), стерильною піпеткою відбирають одержану бактеріальну суспензію і вносять у качалочні колби з поживним середовищем. Для засіву однієї колби використовують бактеріальну суспензію, одержану з однієї пробірки.

Культивування бактерій здійснюється у колбах на качалках. Умови культивування наступні: температура – 30 °С, час культивування – 10 годин, швидкість обертання – 150 об/хв.

Після вирощування культуральну рідину з колб переносять у стерильну засівну колбу об'ємом 1 л.

#### *ТП 4.5. Вирощування посівного матеріалу в інокуляторі на 10 л*

До 4 літрів простерилізованої та охолодженої композиції 3, що знаходиться в інокуляторі, в асептичних умовах додають інші композиції. В сорочку інокулятора подають холодну воду та пару і контролюють значення температури поживного середовища на рівні 30°C.

Посівний матеріал (від *ТП 5.4*) переносять в інокулятор в строго асептичних умовах.

Процес культивування проводиться за наступних умов: температура – 30 °С, швидкість перемішування – 150 об/хв, час вирощування – 5 год. Повітря подається лише для перенесення інокуляту через трубу перетискання. З середовища відводиться надлишок CO<sub>2</sub> через випускний клапан. Корекцію рівня рН впродовж культивування не проводять.

### ***ТП 5. Біосинтез***

До простерилізованої та охолодженої композиції 2, що знаходиться в робочому ферментері на 100 л в асептичних умовах за допомогою перистальтичного насоса переносять композицію 1. В сорочку ферментера подають холодну воду тапару та контролюють значення температури поживного середовища на рівні 30°C.

Посівний матеріал (від *ТП 5.5*) переносять в ферментер в строго асептичних умовах за допомогою труби перетискання.

Процес культивування проводиться за наступних умов: температура – 30 °С, швидкість перемішування – 150 об/хв, час вирощування – 17 год. З середовища відводиться надлишок CO<sub>2</sub> через випускний клапан. Корекцію рівня рН впродовж культивування проводять на рівні рН 6,5 15-% розчинами гідроксиду амонію та сульфатної кислоти. В процесі культивування додатково відбувається підживлення глюкозою (32-% розчин).

Культивування ведуть до досягнення концентрації біомаси близько 14 г/л та концентрації життєздатних клітин  $1,9 \times 10^{10}$  КУО мл. Отриману культуральну рідину передають далі на отримання цільового продукту.

### ***ТП 6. Одержання біомаси***

#### ***ТП 6.1. Зберігання культуральної рідини***

Культуральну рідину зберігають в збірнику при 4 °С. Далі за допомогою перистальтичного насоса передають на наступну стадію

#### ***ТП 6.2. Сепарація біомаси***

Культуральну рідину завантажують до сепаратора безперервної дії з гідравлічним вивантаженням біомаси. Встановлюється режим сепарації в 4000 г. Тривалість процесу – 20 хвилин. Супернатант зливається до каналізації, а біомаса гідравлічним потоком подається до збірника.

### *ТП 6.3. Промивання біомаси фізіологічним розчином*

До біомаси в збірнику доливають 2 л фізіологічного розчину за допомогою мірного циліндру. Вмикають мішалку для отримання суспензії. Після цього, за допомогою перистальтичного насоса суспензію відправляють на сепаратор безперервної дії з гідравлічним вивантаженням осаду. Встановлюється режим сепарації в 4000 г. Тривалість процесу – 20 хвилин. Супернатант зливається до каналізації, а біомаса гідравлічним потоком подається до збірника. Кількість повторів стадії – 2-3.

### *ТП 7. Приготування моноштамової закваски*

#### *ТП 7.1. Додавання захисного середовища*

До збірника де знаходиться промита біомаса доливають 5 л води дистильованої. Далі, до збірника додають 140 г лактози, 70 г знежиреного сухого молока та 14 г аскорбінової кислоти. Вмикається мішалка для повного розчинення компонентів. Тривалість процесу – 15 хвилин.

#### *ТП 7.2. Сушіння біомаси молочнокислих бактерій в сублімаційній сушарці*

Розчин зі збірника розливають по деко за допомогою перистальтичного насоса. Деко завантажують в ліофілізатор, де встановлюється початкова температура – 20 °С. Тривалість сушіння 24 години.

#### *ТП 7.3. Подрібнення сухої маси*

Після сушіння одержують пластівці висушеної клітинної маси в захисному середовищі, які завантажують у бункер подрібнювача. Тривалість процесу 1 година.

#### *ТП 7.4. Просіювання подрібненої сухої маси*

Після подрібнення, одержану масу просіюють для отримання фракції >0,5 мм. Більша фракція відсіюється та повертається на попередню стадію.

Отриманий порошок і є закваска, яку необхідно запакувати. Тривалість зазначеного етапу – 20 хвилин.

*ПМФ 8. Пакування, маркування та фасування закваски*

*ПМФ 8.1. Фасування готового порошку по флаконам*

Порошок всипають в бункер фасувальної машини, яка фасує готовий продукт по флаконам у кількості 0,5 г у кожний для забезпечення концентрації клітин не менше  $10^6$  КУО/флакон. Тривалість процесу – 30 хвилин. Кількість флаконів становить 3248 шт.

*ПМФ 8.2. Маркування флаконів*

Флакони потрапляють на етикувальну машину, яка клеїть етикетки, що містить інформацію про назву продукту, серію, дату виготовлення та складу. Тривалість процесу – 30 хвилин.

*ПМФ 8.3. Пакування флаконів у готові коробки*

Готові флакони потрапляють до пакувальної машини, яка групує флакони по 4 штуки та вкладає в кожну коробку, закриваючи її. Кількість коробок – 812 штук. Тривалість процесу – 30 хвилин.

*ПМФ 8.4. Групове пакування готової продукції*

Коробки з готовим продуктом потрапляють до картонажного пакувальника, який пакує по 100 коробок готової закваски в одну групову коробку. Кількість групових коробок – 8 штук. Тривалість процесу – 15 хвилин. На коробки наклеюється назва продукту, дата виготовлення та серія. Готова закваска направляється на склад, де зберігається при 4 °С до її транспортування в торгові точки дистриб'юторів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою організації виробничого процесу на підприємствах харчової та біотехнологічної промисловості. Основною метою системи охорони праці є створення безпечних і здорових умов праці, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням працівників. На підприємстві ПрАТ «Лакталіс» організація роботи з охорони праці здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про систему громадського здоров'я», а також внутрішніх нормативних документів підприємства [33–35].

Виробництво бактеріальних заквасок для молочної промисловості характеризується використанням біотехнологічного обладнання, теплових процесів, систем стерилізації, мийних та дезінфекційних засобів, що потребує постійного контролю виробничих ризиків та дотримання вимог безпеки праці.

#### **4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

Під час виробництва бактеріальних заквасок працівники можуть зазнавати впливу фізичних, хімічних та біологічних виробничих факторів.

До фізичних факторів належать підвищена температура поверхонь технологічного обладнання, дія гарячої води та пари, підвищений рівень шуму від роботи насосного, компресорного та вентиляційного обладнання, а також небезпека ураження електричним струмом при експлуатації електроустановок [36].

Особливу увагу слід приділяти роботам, пов'язаним із пастеризацією та стерилізацією поживних середовищ. Порушення правил експлуатації

теплообмінного обладнання може призвести до термічних опіків працівників або аварійних ситуацій.

До хімічних факторів належить використання лужних та кислотних мийних розчинів, які застосовуються під час санітарної обробки технологічного обладнання. Контакт таких речовин зі шкірою або слизовими оболонками може спричинити подразнення чи хімічні опіки [37].

Біологічні фактори представлені виробничими культурами молочнокислих бактерій. Хоча *Lactococcus lactis subsp. lactis* належить до безпечних мікроорганізмів із статусом QPS (Qualified Presumption of Safety) в Європейському Союзі та GRAS (Generally Recognized as Safe) у США, недотримання вимог асептики може призвести до контамінації виробничих культур сторонньою мікрофлорою та погіршення якості готової продукції [38].

Важливим фактором виробничого середовища є також мікроклімат виробничих приміщень. Відповідно до санітарних вимог температура, вологість та швидкість руху повітря повинні забезпечувати комфортні умови праці та не впливати негативно на стан здоров'я працівників [39].

#### **4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці**

Для мінімізації виробничих ризиків на підприємстві впроваджується комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

Організаційні заходи передбачають проведення вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів з охорони праці відповідно до вимог чинного законодавства України [40]. Працівники допускаються до роботи лише після проходження відповідного навчання та перевірки знань.

Технічні заходи включають використання справного обладнання, захисних огорожень рухомих механізмів, систем автоматичного контролю технологічних параметрів та пристроїв аварійного відключення.

Електрообладнання повинно відповідати вимогам електробезпеки та проходити періодичний технічний контроль [36].

Для захисту працівників застосовують засоби індивідуального захисту: санітарний одяг, спеціальне взуття, рукавички, головні убори та, за необхідності, захисні окуляри. Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковим під час роботи з мийними та дезінфекційними засобами.

Значна увага приділяється санітарно-гігієнічним заходам. На підприємстві регулярно проводять миття та дезінфекцію виробничих приміщень і технологічного обладнання відповідно до принципів GMP та системи НАССР, що сприяє підтриманню належного санітарного стану виробництва та попередженню мікробного забруднення продукції [41].

Важливим елементом системи безпеки є забезпечення пожежної безпеки. Виробничі приміщення обладнані системами пожежної сигналізації, засобами пожежогасіння та евакуаційними виходами. Працівники проходять регулярне навчання щодо дій у разі виникнення пожежі або іншої надзвичайної ситуації.

Отже, система охорони праці на ПрАТ «Лакталіс» базується на комплексі організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я працівників та стабільного функціонування біотехнологічного виробництва.

## ВИСНОВКИ

Сир кисломолочний є одним із найбільш цінних ферментованих молочних продуктів завдяки високому вмісту повноцінних білків, мінеральних речовин та вітамінів. Якість готового продукту значною мірою визначається властивостями молока-сировини, складом заквашувальних культур та параметрами технологічного процесу.

Встановлено, що ключову роль у виробництві кисломолочного сиру відіграють молочнокислі бактерії, які забезпечують ферментацію лактози, накопичення молочної кислоти, коагуляцію казеїну та формування органолептичних властивостей продукту.

Показано, що *Lactococcus lactis subsp. lactis* характеризується високою кислотоутворювальною активністю, гомоферментативним типом метаболізму та є перспективною моноштамовою культурою для виробництва заквасок у молочній промисловості.

Визначено оптимальні параметри культивування культури у ферментері: температура 30 °С, рН 6,5, відсутність аерації, швидкість перемішування 150 об/хв та використання напівбезперервного режиму з підживленням концентрованим розчином глюкози. За таких умов досягнуто концентрації сухої біомаси  $14,6 \pm 1,0$  г/л та чисельності життєздатних клітин  $1,9 \times 10^{10}$  КУО/мл.

Виконано технологічні розрахунки для виробництва моноштамової закваски у ферментері об'ємом 100 л із робочим об'ємом 60 л. Встановлено потребу у 12,36 кг глюкози, що відповідає 38,63 л концентрованого розчину глюкози концентрацією 320 г/л.

Розроблена технологічна схема виробництва забезпечує отримання високоякісної моноштамової закваски на основі *Lactococcus lactis subsp. lactis*, придатної для використання у виробництві кисломолочного сиру та інших ферментованих молочних продуктів.

## ПРОПОЗИЦІЇ

Для підвищення економічної ефективності виробництва доцільно впроваджувати оптимізовані поживні середовища рослинного походження, які забезпечують високе накопичення біомаси та знижують витрати на дорогі компоненти тваринного походження.

Рекомендується використовувати напівбезперервний режим культивування з контрольованою подачею глюкози, що дозволяє підтримувати високу метаболічну активність культури та збільшувати вихід життєздатних клітин.

Перспективним напрямом удосконалення технології є застосування концентрованих або ліофілізованих заквасок на основі *Lactococcus lactis subsp. lactis*, що сприятиме підвищенню стабільності виробничого процесу та скороченню тривалості сквашування молока.

Для підвищення безпечності та стабільності якості заквасок необхідно забезпечувати суворе дотримання санітарно-гігієнічних вимог, регулярний мікробіологічний контроль виробничого середовища та технологічного обладнання.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення можливостей створення багатокомпонентних заквашувальних композицій на основі *Lactococcus lactis subsp. lactis* у поєднанні з пробіотичними культурами для розширення функціональних властивостей кисломолочних продуктів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Fox P. F., McSweeney P. L. H., Paul L. H. Dairy chemistry and biochemistry. Cham : Springer, 1998. DOI: 10.1007/978-3-319-14892-2.
2. Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T. J. Dairy science and technology. Boca Raton : CRC Press, 2005. DOI: 10.1201/9781420028010.
3. Tamime A. Y. Fermented milks: a historical food with modern applications – a review // European Journal of Clinical Nutrition. 2002. Vol. 56, Suppl. 4. P. S2–S15. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601657.
4. McSweeney P. L. H., Fox P. F. (eds.). Advanced dairy chemistry. Vol. 1. New York : Springer, 2003. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6\_6.
5. Haug A., Høstmark A. T., Harstad O. M. Bovine milk in human nutrition – a review // Lipids in Health and Disease. 2007. Vol. 6. Art. 25. DOI: 10.1186/1476-511X-6-25.
6. Lucey J. A. Formation and physical properties of milk protein gels // Journal of Dairy Science. 2002. Vol. 85, No. 2. P. 281–294. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74078-2.
7. McSweeney P. L. H., Cotter P. D., Everett D. W., Govindasamy-Lucey R. (eds.). Cheese: chemistry, physics and microbiology. London : Elsevier, 2025.
8. Aryana K. J., Olson D. W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100, No. 12. P. 9987–10013. DOI: 10.3168/jds.2017-12981.
9. McSweeney P. L. H., McNamara J. P. Encyclopedia of Dairy Sciences. 3rd ed. London : Elsevier, 2021.
10. Fuquay J. W., McSweeney P. L. H., Fox P. F. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2nd ed. London : Academic Press, 2011.
11. Yerlikaya O. A review of fermented milks: potential beneficial effects on human nutrition and health // African Health Sciences. 2023. Vol. 23, No. 4. P. 498–510. DOI: 10.4314/ahs.v23i4.54.

12. Guinee T. P., O'Brien B. The quality of milk for cheese manufacture // *Technology of Cheesemaking*. Oxford : Wiley-Blackwell, 2010. P. 1–67. DOI: 10.1002/9781444323740.ch1.
13. Chandan R. C. Dairy processing and quality assurance: an overview. Ames : Wiley-Blackwell, 2015. P. 1–40.
14. Gänzle M. G. Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage // *Current Opinion in Food Science*. 2015. Vol. 2. P. 106–117. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.03.001.
15. Bintsis T., Athanasoulas A. Dairy starter cultures // *Dairy Processing and Quality Assurance*. Boca Raton : CRC Press, 2015. P. 114–154.
16. Smit G., Smit B. A., Engels W. J. M. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products // *FEMS Microbiology Reviews*. 2005. Vol. 29, No. 3. P. 591–610. DOI: 10.1016/j.femsre.2005.04.002.
17. Choi J., Sabikhi L., Hassan A., Anand S. Bioactive peptides in dairy products // *International Journal of Dairy Technology*. 2012. Vol. 65, No. 1. P. 1–12. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2011.00725.x.
18. FAO. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Rome : FAO, 2013. 200 p. URL: <https://www.fao.org/4/i3396e/i3396e.pdf> (дата звернення: 19.06.2026).
19. Carrillo-Lopez L. M. et al. Recent advances in the application of ultrasound in dairy products // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. Vol. 73. Art. 105467. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105467.
20. Li S. et al. Changes in proteolysis in fermented milk produced by *Streptococcus thermophilus*... // *Molecules*. 2019. Vol. 24, No. 20. Art. 3699. DOI: 10.3390/molecules24203699.
21. Silva C. C., Silva S. P., Ribeiro S. C. Application of bacteriocins and protective cultures in dairy food preservation // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Art. 594. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00594.

22. Arslan S. A review: chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir // *CyTA – Journal of Food*. 2015. Vol. 13, No. 3. P. 340–345.
23. Kechagia M. et al. Health benefits of probiotics: a review // *International Scholarly Research Notices*. 2013. Art. 481651. DOI: 10.5402/2013/481651.
24. Kondrotiene K. et al. *Lactococcus lactis* in dairy fermentation—health-promoting and probiotic properties // *Fermentation*. 2023. Vol. 10, No. 1. Art. 16. DOI: 10.3390/fermentation10010016.
25. van Hylckama Vlieg J. E. T. et al. Natural diversity and adaptive responses of *Lactococcus lactis* // *Current Opinion in Biotechnology*. 2006. Vol. 17, No. 2. P. 183–190. DOI: 10.1016/j.copbio.2006.02.007.
26. Kelleher P. et al. Comparative and functional genomics of the *Lactococcus lactis* taxon // *BMC Genomics*. 2017. Vol. 18. Art. 267. DOI: 10.1186/s12864-017-3650-5.
27. Mullan W. M. A. Starter cultures: importance of selected genera // *Encyclopedia of Food Microbiology*. Elsevier, 2014. P. 515–521. DOI: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00321-9.
28. Chen J. et al. Adaptation of *Lactococcus lactis* to high growth temperature... // *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. Art. 14199. DOI: 10.1038/srep14199.
29. Bandyopadhyay B. et al. Characterization of two new strains of *Lactococcus lactis*... // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2022. Vol. 53, No. 2. P. 903–920. DOI: 10.1007/s42770-022-00685-6.
30. *Lactococcus lactis*. Microbial Atlas, University of Copenhagen. URL: [https://atlas.sund.ku.dk/microatlas/food/bacteria/Lactococcus\\_lactis/](https://atlas.sund.ku.dk/microatlas/food/bacteria/Lactococcus_lactis/) (дата звернення: 19.06.2026).
31. Wang Y. et al. Metabolism characteristics of lactic acid bacteria... // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021. Vol. 9. Art. 612285. DOI: 10.3389/fbioe.2021.612285.

32. Alfano A. et al. Lactococcus lactis I7 isolated from traditional Italian cheese making... // BMC Biotechnology. 2025. Vol. 25. Art. 62. DOI: 10.1186/s12896-025-00997-z.
33. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII.
34. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII.
35. Закон України «Про систему громадського здоров'я» від 06.09.2022 № 2573-IX.
36. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2014. 376 с.
37. Березуцький В. В. Основи охорони праці : навч. посіб. Харків : Факт, 2021. 480 с.
38. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed // EFSA Journal. 2024. Vol. 22, No. 7.
39. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
40. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
41. Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene (СХС 1-1969, HACCP system and guidelines for its application). 2022.

## ДОДАТОК А

## Найменування позицій по апаратурній схемі

Найменування	Обладнання
ПЗ-1	Повітрозабірник
Ф-2	Фільтр грубої очистки
К-3	Компресор
Т-4	Теплообмінник охолоджувач
Р-5	Ресивер
Т-6	Теплообмінник нагрівач
Ф-7	Фільтр тонкої очистки
Ф-11, Ф-21	Індивідуальний фільтр натодного очищення
З-9, З-27	Реактор-змішувач об'ємом 5 л
Н-10, Н-16, Н-20, Н-23, Н-25, Н-28, Н-31	Насос перистальтичний
Д-8, Д-15, Д-19	Дозатор води
Д-13, Д-17	Вагові дозатори
ПА-12	Інокулятор об'ємом 10 л
З-14	Реактор-змішувач об'ємом 50 л
З-18	Реактор для стерилізації об'ємом 10 л
З-24	Збірник об'ємом 100 л
С-26, С-29	Сепаратори
З-30	Збірник об'ємом 30 л
Л-32	Ліофілізаційна сушарка
ПД-33	Подрібнювач
ПР-34	Просіювач
ФМ-35	Фасувальна машина
Е-36	Етикувальна машина
П-37	Пакувальна машина
ГП-38	Машина групового пакування