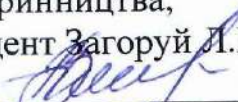


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 162 – «Біотехнології та біоінженерія»


Допускається до захисту
Зав. кафедри харчових
технологій і технологій
переробки продукції
тваринництва,
доцент Загоруй Л.П.


« 14 » 05 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**АНАЛІЗ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БАКТЕРІАЛЬНОГО
КОНЦЕНТРАТУ ЗАКВАСКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

Виконав: Клименко Олександр
Васильович 

Керівник: Цехмістренко О.С. 

Рецензент: 

Я, Клименко О.В., засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2026

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу здобувачу	3
Анотація	4
Annotation	5
Відгук керівника роботи	6
Рецензія	7
ВСТУП	8
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Молочна промисловість України	9
1.2. Техніко-економічне обґрунтування та вибір технологічної схеми / методу виробництва	10
1.3. Характеристика готового продукту та молока коров'ячого	11
1.4. Характеристика біологічного агенту	17
2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ	23
3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	24
3.1. Біохімічна схема виробництва	24
3.2. Технологічний процес та схема виробництва кефіру	27
3.3. Пропонована зміна в технології	32
3.4. Матеріальний та тепловий баланси виробництва	35
4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	40
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	45

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Затверджую

Гарант ОП 162 «Біотехнології та біоінженерія»,
професор Мерзлов С.В.

_____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Клименку Олександрю Васильовичу

Тема: **АНАЛІЗ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
БАКТЕРІАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗАКВАСКИ ДЛЯ
КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

Затверджено наказом ректора № від _____

Термін здачі здобувачем готової кваліфікаційної роботи в деканат:

до «__» _____ 20__ р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Вступ		
Огляд літератури		
Матеріал та методика виконання роботи		
Власні дослідження		
Економічна ефективність		
Оформлення роботи		
Перевірка на плагіат		
Подання на рецензування		
Попередній розгляд на кафедрі		

Керівник кваліфікаційної роботи _____ д-р с.-г. наук Цехмістренко О.С.

Здобувач _____

Клименко О.В.

Дата отримання завдання «_____» 20__ р.

АНОТАЦІЯ

**Клименко О.В. АНАЛІЗ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
БАКТЕРІАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗАКВАСКИ ДЛЯ
КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

Дипломна робота бакалавра за спеціальністю 162 Біотехнологія та інженерія. – Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, 2026 рік.

Дипломну роботу присвячено дослідженню впливу кількості дріжджової мікробіоти на формування технологічних показників кефіру та термін зберігання кисломолочного продукту. Для цього були поставлені завдання: проаналізувати дані літератури щодо вирішення проблем виробництва кефіру; провести аналіз мікробіоти кефіру та її роль в ферментативному процесі виробництва кефіру; дослідити кінетику ферментації суміші для кефіру з різним вмістом дріжджів; визначити вплив різної кількості дріжджів на технологічні показники експериментальних зразків кефіру за його зберігання.

Апробація. Результати бакалаврської роботи оприлюднено на 4й Міжнародній науково-практичній конференції «Modern Scientific Research: Theoretical And Practical Aspects» (May 11-13, 2026, Riga, Latvia).

Публікації. За темою дипломної роботи опубліковано тези доповіді конференції.

Цехмістренко О.С., Клименко О.В. Аналіз біотехнології виробництва бактеріального концентрату закваски для кисломолочних продуктів. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Modern Scientific Research: Theoretical And Practical Aspects» (May 11-13, 2026, Riga, Latvia). European Open Science Space. 2026. – Pp. 187-196.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 48 сторінок, 14 таблиць, 7 рисунків, список використаних джерел із 35 найменувань, 0 додатків.

Ключові слова: молоко, кефір, біотехнологія, біфідокефір, кефірний грибок, бродіння, сквашування, *bifidobacterium bifidum*.

ANNOTATION

Klymenko O.V. ANALYSIS OF BACTERIAL SOW CONCENTRATE PRODUCTION BIOTECHNOLOGY FOR FERMENTED MILK PRODUCTS

Bachelor's thesis in specialty 162 Biotechnology and Engineering. – Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 2026.

The thesis is devoted to the study of the influence of the amount of yeast microbiota on the formation of technological indicators of kefir and the shelf life of a fermented milk product. For this purpose, the following tasks were set: to analyze the literature data on solving the problems of kefir production; to analyze the kefir microbiota and its role in the enzymatic process of kefir production; to study the kinetics of fermentation of a kefir mixture with different yeast contents; to determine the influence of different amounts of yeast on the technological indicators of experimental kefir samples during its storage.

Approbation. The results of the bachelor's thesis were published at the 4th International Scientific and Practical Conference "Modern Scientific Research: Theoretical And Practical Aspects" (May 11-13, 2026, Riga, Latvia).

Publications. The abstracts of the conference report were published on the topic of the thesis.

Tsekhmistrenko O.S., Klymenko O.V. Analysis of the biotechnology of the production of bacterial sourdough concentrate for fermented milk products. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference "Modern Scientific Research: Theoretical And Practical Aspects" (May 11-13, 2026, Riga, Latvia). European Open Science Space. 2026. – pp. 187-196.

The bachelor's qualification work contains 48 pages, 14 tables, 7 figures, list list of used sources from 35 names, 0 appendices.

Key words: milk, kefir, biotechnology, bifidokefir, kefir fungus, fermentation, souring, bifidobacterium bifidum.

ВІДГУК КЕРІВНИКА

на кваліфікаційну роботу здобувача ____ курсу спеціальності

прізвище, ім'я, по батькові

на тему _____

Оцінка окремих складових кваліфікаційної роботи:

1. **Оформлення роботи** (не більше 10 балів) _____
 2. **Своєчасність подання окремих елементів роботи керівнику** (кожний своєчасно поданий елемент дає по 5 балів) _____
 3. **Теоретичні та аналітичні аспекти роботи** (не більше 25 балів) _____
 4. **Практичні аспекти роботи** (не більше 20 балів) _____
 5. **Оцінка попереднього захисту** (не більше 25 балів) _____
- Додаткові думки та загальний висновок керівника** _____

Загальна оцінка (не більше 100 балів) _____

Керівник кваліфікаційної роботи

підпис

ініціали

вчене звання, прізвище,

_____ 20__ р.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача ___ курсу спеціальності

прізвище, ім'я, по батькові

Тема: _____

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі _____

під керівництвом _____

Обсяг роботи _____ с. Робота містить ___ таблиць, ___ рисунка.

Список літератури включає _____ першоджерел.

Тема роботи є _____

актуальною, не актуальною, чітко визначеною, не чітко визначеною

Зміст роботи тему розкриває _____

повністю, не повністю, тему не розкриває

Роботу оформлено _____

відповідно до вимог, з порушенням вимог

Висновки і пропозиції _____

Обґрунтовані/необґрунтовані, відповідають/не відповідають поставленим завданням

Найбільш вагомим результатом роботи є _____

вказати ключові аспекти роботи

Зауваження, побажання: _____

Висновок _____

відповідає/ не відповідає вимогам, заслуговує оцінки відмінно, добре, задовільно

Рецензент _____

підпис, вчене звання прізвище, ім'я, по батькові

_____ 20__ р.

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена сучасними екологічними та соціально-економічними викликами, що спричиняють необхідність розширення виробництва харчових продуктів функціонального та спеціального призначення. Поліпшення якості життя населення значною мірою залежить від раціонального харчування та споживання продуктів лікувально-профілактичного спрямування. У зв'язку з цим розроблення нових кисломолочних напоїв із підвищеними функціональними властивостями є актуальним напрямом сучасної харчової біотехнології.

Метою роботи є дослідження біотехнології виробництва кефіру з використанням біфідобактерій.

Об'єктом дослідження є біфідобактерії виду *Bifidobacterium bifidum* та кефірний грибок, який являє собою складний симбіоз різних видів мікроорганізмів, зокрема молочнокислих бактерій родів *Streptococcus*, *Lactobacillus* і *Leuconostoc mesenteroides*, оцтовокислих бактерій *Acetobacter aceti* та дріжджів штаму *Kluuyveromyces marxianus*.

Предметом дослідження є використання біфідобактерій і кефірного грибка у технології виробництва кисломолочного напою лікувально-профілактичного призначення.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів полягає у дослідженні біотехнології виробництва кефіру резервуарним способом із використанням біфідобактеріальної закваски. У роботі наведено технологічну та гідропневматичну схеми виробництва, виконано розрахунок основного технологічного обладнання – резервуара для сквашування, а також здійснено матеріальний баланс виробництва та визначено кількість компонентів, необхідних для виготовлення 1 т кефіру. Окрему увагу приділено питанням контролю виробництва, а економічна доцільність упровадження технології підтверджена відповідними розрахунками.

Ключові слова: молоко, кефір, біотехнологія, біфідокефір, кефірний грибок, бродіння, сквашування, *Bifidobacterium bifidum*.

1.ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Молочна промисловість України

Молочна промисловість України є однією з провідних галузей агропромислового комплексу держави, частка якої становить близько 19 %. Відповідно до науково обґрунтованих норм, річне споживання молока та молочних продуктів має складати 380 кг на одну особу, зокрема: молока та кисломолочних напоїв – 126,8 кг, кисломолочного сиру – 8 кг, сичужних сирів і бринзи – 6,6 кг, сметани – 5,8 кг, вершкового масла – 6 кг. Раціональна норма споживання молочної продукції в Україні визначена на рівні 403 кг на душу населення на рік [32].

Молочна продукція традиційно посідає важливе місце у структурі харчування населення, а рівень її виробництва та споживання протягом тривалого часу залишався високим. Проте в останні роки спостерігається суттєве скорочення зазначених показників, що пов'язано зі зростанням дефіциту молочної сировини, підвищенням цін на молоко та молочну продукцію, зниженням платоспроможності населення, погіршенням якості сировини, а також недостатнім розвитком інфраструктури галузі [32].

Кефір здавна відомий своїми корисними властивостями та належить до традиційних кисломолочних продуктів, які позитивно впливають на процеси травлення. Напій містить молочнокислі бактерії, а його кисле середовище та пробіотичні культури є подібними до природної мікрофлори кишківника, що сприяє кращому засвоєнню як самого кефіру, так і інших харчових продуктів [28].

Фахівці у галузі медицини рекомендують вживання кефіру при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, печінки та підшлункової залози, а також у разі ожиріння. Напій позитивно впливає на функціонування серцево-судинної та нервової систем, є джерелом кальцію та білка [28]. Для дорослого населення особливо корисним є саме кефір, оскільки молочнокислі бактерії, що входять до його складу, стимулюють перистальтику кишківника, пригнічують розвиток патогенних

мікроорганізмів, регулюють процеси бродіння та гниття, а також сприяють перетравленню казеїну. Крім того, кальцій і залізо з кефіру засвоюються організмом ефективніше, ніж із молока.

Біфідокефір є кисломолочним напоєм, для виробництва якого застосовують заквасочні препарати прямого внесення, що містять термофільні та мезофільні молочнокислі лактококи (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus cremoris* subsp. *cremoris*), ацидофільні палички (*Lactobacillus acidophilus*) та біфідобактерії (*Bifidobacterium bifidum*). У процесі життєдіяльності організму кількість пробіотичних культур у травній системі може зменшуватися, тоді як активність патогенної мікрофлори – зростати [27]. До пробіотичних культур належать різні види лакто- та біфідобактерій [27]. Порівняно зі звичайним кефіром, біоактивний кефір характеризується вищою ефективністю щодо очищення організму від токсинів і продуктів обміну.

Сучасний ринок молочної продукції представлений широким асортиментом кефіру – від знежирених видів до продуктів із масовою часткою жиру від 1,0 до 5,0 % [27]. За результатами споживчих експертиз, проведених за фізико-хімічними показниками (масова частка жиру, титрована кислотність, масова частка білка), наявністю немолочного жиру та мікробіологічними характеристиками (кількість життєздатних молочнокислих бактерій, дріжджів, бактерій групи кишкової палички, пліснявих грибів і патогенних мікроорганізмів), встановлено, що станом на 2018 рік лише близько 20 % виробників виготовляли продукцію відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ 4417 [20]. Інші підприємства здійснювали виробництво на основі власних технічних умов [29; 27]. При цьому лише 66,7 % досліджених зразків кефіру відповідали вимогам нормативної документації та інформації, зазначеній на маркуванні.

Таким чином, результати споживчих досліджень свідчать про певне підвищення якості молочної продукції впродовж останніх років, однак говорити про досягнення принципово нового рівня розвитку галузі наразі

передчасно [28].

1.2. Техніко-економічне обґрунтування та вибір технологічної схеми / методу виробництва

У технології виробництва кисломолочних напоїв застосовують два основні способи – термостатний та резервуарний [14]. За термостатного способу процеси сквашування молока та дозрівання готового продукту здійснюються безпосередньо у споживчій тарі в термостатних і холодильних камерах. Резервуарний спосіб передбачає проведення процесів заквашування, сквашування та дозрівання напою в одній технологічній ємності – молочному резервуарі.

Кисломолочні напої, виготовлені резервуарним способом, після завершення процесу дозрівання та перемішування фасують у споживчу тару. Унаслідок цього продукт має порушений згусток та однорідну сметаноподібну консистенцію порівняно з продукцією, отриманою термостатним способом [14]. Водночас резервуарний спосіб характеризується низкою технологічних та економічних переваг, серед яких: скорочення виробничих площ завдяки відсутності термостатних камер та зменшенню площ холодильних приміщень, підвищення виходу продукції з 1 м² виробничої площі, зниження витрат теплової та холодильної енергії, підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів. Крім того, використання цього способу дозволяє скоротити витрати праці більш ніж на 25 % та підвищити продуктивність виробництва на 35–37 % [6]. З огляду на зазначені переваги, у даній роботі за основу обрано резервуарний спосіб виробництва біфідокефіру.

1.3. Характеристика готового продукту та молока коров'ячого

Відповідно до вимог ДСТУ 4417 [20], кефір є кисломолочним продуктом, виготовленим із незбираного або знежиреного коров'ячого молока шляхом молочнокислого та спиртового бродіння із застосуванням спеціальної закваски, до складу якої входять дріжджі, молочнокислі палички, стрептококи та інші мікроорганізми [4]. За органолептичними показниками

кефір повинен відповідати встановленим вимогам. Консистенція продукту має бути однорідною та в'язкою, із порушеним або непорушеним згустком залежно від способу виробництва. Допускається незначне газоутворення, спричинене життєдіяльністю мікрофлори кефірної закваски, а також незначне відокремлення сироватки. Смак і запах повинні бути чистими, кисломолочними, з характерним слабо щипким присмаком, без сторонніх запахів і присмаків. Колір продукту – молочно-білий, рівномірний по всій масі. Допускається незначне здуття герметичного пакування, зумовлене процесами газоутворення внаслідок життєдіяльності мікрофлори закваски.

Фізико-хімічні показники кефіру також регламентуються нормативною документацією. Масова частка жиру в продукті становить від 1,0 до 5,0 %, а масова частка білка має бути не меншою ніж 2,7 %. Титрована кислотність повинна перебувати в межах 85–130 °Т, активна кислотність – у межах рН 4,0–4,8. У готовому продукті не допускається наявність фосфатази, а температура кефіру під час випуску з підприємства має становити 4 ± 2 °С [20].

До основних мікробіологічних показників кефіру належать кількість життєздатних молочнокислих бактерій та дріжджів, а також відсутність патогенних мікроорганізмів. В 1 см³ продукту кількість молочнокислих бактерій повинна бути не меншою ніж 1×10^7 КУО, а дріжджів – не меншою ніж 1×10^3 КУО. Наявність бактерій групи кишкової палички, бактерій роду *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* та інших патогенних мікроорганізмів не допускається. Для кефіру зі строком придатності понад три доби також нормується кількість пліснявих грибів, яка не повинна перевищувати 50 КУО в 1 см³ продукту [20]

Згідно з вимогами ДСТУ [18], для виробництва кефіру використовують коров'яче молоко не нижче першого гатунку з густиною не меншою ніж 1028 кг/м³, а також знежирене молоко кислотністю не вище 20 °Т і густиною не меншою ніж 1030 кг/м³. Крім того, допускається використання вершків із коров'ячого молока, симбіотичної кефірної закваски на кефірних грибках або

концентрату грибкової закваски вітчизняного чи закордонного виробництва за наявності відповідного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Для нормалізації фізико-хімічних показників кефіру застосовують сухе незбиране та знежирене молоко розпилювального сушіння, сухі вершки вищого сорту [19]; а також маслянку та суху маслянку, отримані під час виробництва солодковершкового масла. Для відновлення сухих молочних продуктів використовують питну воду [3]. Вхідний контроль якості сировини здійснюється відповідно до вимог ГОСТ 24297 [16], МБВ № 5061 [25], ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 [17] та інших чинних нормативних документів [2].

Характеристика молока коров'ячого

Молоко є біологічною рідиною ссавців, яка забезпечує життєдіяльність і розвиток новонародженого організму. Воно синтезується клітинами епітеліальної тканини молочної залози з поживних речовин, що надходять із крові [7]. Коров'яче молоко містить у середньому близько 87 % води та 13 % сухих речовин, які формують складну дисперсну систему.

Хімічний склад коров'ячого молока залежить від багатьох чинників, зокрема породи тварин, умов утримання, годівлі та індивідуальних особливостей організму, тому вміст основних компонентів характеризується певними межами коливань (табл. 1) [7].

Одним із важливих фізико-хімічних показників молока є вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), середнє значення якого становить близько 9,1 %. Активна кислотність свіжого молока перебуває в межах рН 6,5–6,7 при температурі 25 °С [7].

Таблиця 1. Кількісний склад молока [7]

Основні компоненти	Межі змін величин, %	Середня величина, %
Масова частка вологи	85,5 – 89,5	87,5
Масова частка сухого молочного залишку	10,5 – 14,5	13,0
Масова частка жиру	2,5 – 6,0	3,9
Масова частка білків	2,9 – 5,0	3,4
Масова частка лактози	3,6 – 5,5	4,8
Масова частка мінеральних речовин	0,6 – 0,9	0,8

Молочний жир представлений переважно тригліцеридами – складними

ефірами гліцерину та жирних кислот, які становлять до 90 % загальної маси молочного жиру [7]. Склад жирних кислот визначає харчову цінність, біологічні властивості та технологічні характеристики молока як сировини для виробництва кисломолочних продуктів.

Таблиця 2. Основні жирні кислоти молочного жиру.

Кислоти	Загальний %-вий склад жирних кислот	Температура плавлення, °С	Число атомів С Н О			Агрегатний стан
Насичені						
Масляна	3,0 – 4,5	-7,9	4	8	2	Рідкі за кімнатної температури
Капронова	1,3 – 2,2	-1,5	6	12	2	
Каприлова	0,8 – 2,5	+16,5	8	16	2	
Капринова	1,8 – 3,8	+31,4	10	20	2	Тверді за кімнатної температури
Лауринова	2,0 – 5,0	+43,6	12	24	2	
Міристинова	7,0 – 11,0	+53,8	14	28	2	
Пальмітинова	25,0 – 29,0	+62,6	16	32	2	
Стеаринова	7,0 – 3,0	+69,3	18	36	2	
Ненасичені						
Олеїнова	30,0 – 40,0	+14,0	18	34	2	Рідкі за кімнатної температури
Лінолева	2,0 – 3,0	-5,0	18	32	2	
Ліноленова	до 1,0	-5,0	18	30	2	
Арахідонова	до 1,0	-49,5	20	32	2	

Білковий склад молока представлений значною кількістю різних білкових сполук, більшість з яких міститься у незначних концентраціях. Класифікація білків здійснюється відповідно до їх фізико-хімічних властивостей та біологічних функцій. Традиційно білки молока поділяють на казеїни, альбуміни та глобуліни, що спрощує їх систематизацію та характеристику. Основні види білків молока та їх концентрація наведені у таблиці 3 [7].

Таблиця 3. Концентрація білків в молоці [7]

Білки молока	Концентрація в молоці, г/кг	Ваг. % від загального складу білка
Казеїн		
α 1-казеїн	10,0	30,6
α 2-казеїн	2,0	8,0
β -казеїн	10,1	30,8
κ -казеїн	3,3	10,1
Загальний вміст казеїну	26,0	79,5
Сироваткові білки		
α -лактальбумін	1,2	3,7
β -лактоглобулін	3,2	9,8
альбумін сироватки крові	0,4	1,2

імуноглобуліни	0,7	2,1
Інші (включаючи протеозо-пептонну фракцію)	0,8	2,4
Загальний вміст сироваткових білків	6,3	19,3
Білки оболонки жирових кульок	0,4	1,2
Загальний вміст білка	32,7	100

Найбільшу частку білкових речовин молока становлять казеїни, сумарний вміст яких досягає близько 79,5 % від загальної кількості білка. Основними фракціями казеїну є α_1 -, α_2 -, β - та κ -казеїни. Частка сироваткових білків становить приблизно 19,3 % загального білкового складу. До них належать α -лактальбумін, β -лактоглобулін, альбумін сироватки крові, імуноглобуліни та інші білкові компоненти. Крім того, у молоці містяться білки оболонки жирових кульок, частка яких становить близько 1,2 % від загальної кількості білка.

Важливими складовими молока є вітаміни – органічні речовини, необхідні для забезпечення нормального функціонування організму людини. Вітамінний склад молока характеризується наявністю жиророзчинних і водорозчинних вітамінів, зокрема вітамінів А, В₁, В₂, С та D. Їх концентрація у молоці та значення для забезпечення добової потреби людини наведені у таблиці 4 [7].

Таблиця 4. Вітаміни молока та потреба в них

Вітамін	Вміст в 1 л молока, мг	Щоденна потреба у дорослої людини, мг
А	0,2 – 2	1 – 2
В1	0,4	1 – 2
В2	1,7	2 – 4
С	5 – 20	30 – 100
Д	0,002	0,01

Молоко також містить мінеральні речовини, загальна концентрація яких становить менше 1 %. Мінеральні компоненти перебувають у молочній сироватці або входять до складу казеїнових сполук у розчиненому стані. До основних мінеральних речовин належать фосфати, хлориди, цитрати та казеїнати кальцію, натрію, калію й магнію. Їх кількісний склад змінюється залежно від періоду лактації та фізіологічного стану тварини. Зокрема, наприкінці лактації концентрація мінеральних речовин зростає, а при захворюваннях вимені підвищується вміст натрію хлориду та зменшується

кількість інших солей [7].

У складі молока міститься певна кількість соматичних клітин, переважно лейкоцитів. У молоці здорових тварин їх кількість зазвичай не перевищує 200 тис. клітин у 1 см^3 , однак при захворюваннях молочної залози цей показник може зростати до 400 тис. клітин у 1 см^3 і більше [7].

Крім того, молоко містить розчинені гази – діоксид вуглецю, азот і кисень. У свіжому молоці їх вміст становить близько 5–6 % від об'єму, а після транспортування на молочне підприємство може досягати 10 % [7]. Гази можуть перебувати у розчиненому, зв'язаному або диспергованому стані. Наявність значної кількості розчинених і диспергованих газів ускладнює процеси теплової обробки молока та сприяє підгорянню продукту на нагрівальних поверхнях теплообмінного обладнання.

Для оцінювання якості молока, а також розроблення обладнання та засобів контролю його складу й властивостей використовують комплекс фізико-хімічних показників [10]. До основних характеристик належать густина, титрована кислотність, активна кислотність (рН), окисно-відновний потенціал, в'язкість, поверхневий натяг, теплоємність, теплопровідність, температуропровідність, електропровідність, показник заломлення, осмотичний тиск, температура замерзання та температура кипіння. Середнє значення густини молока при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$ становить $1028,5 \text{ кг/м}^3$, титрованої кислотності – $17 \text{ }^\circ\text{T}$, а активної кислотності – рН 6,69.

Таблиця 5. Фізико-хімічні властивості молока при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Номер	Показник	Середнє значення	Межі коливань
1	Густина, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	1028,5	1027 – 1033
2	Титруюча кислотність, $^\circ\text{T}$	17	16 – 20
3	Величина рН	6,69	6,5 – 6,8
4	Окисно-відновний потенціал, мВ	275	200 – 350
5	В'язкість, Па·с	0,00179	0,0011 – 0,0025
6	Поверхневий натяг, Н·м ⁻¹	0,044	0,0424 – 0,051
7	Теплоємність, Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹	3890,9	3778 – 4020
8	Теплопровідність, Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹	0,503	0,395 – 0,590
9	Температуропровідність, м ² ·с ⁻¹	$13\cdot 10^{-8}$	$(12,5 - 13,5) \cdot 10^{-8}$
10	Питома електропровідність, См·м ⁻¹	0,455	0,39 – 0,51
11	Показник заломлення	1,35	1,3440 – 1,3615

12	Осмотичний тиск, МПа	0,67	0,64 – 0,7
13	Температура замерзання, °С	-0,55	-0,51 ... -0,58
14	Температура кипіння, °С	100,2	—

Пакувальні матеріали для кефіру

Упаковка відіграє важливу роль у забезпеченні якості та безпечності молочної продукції, оскільки сприяє збереженню товарного вигляду продукту, дотриманню санітарно-гігієнічних вимог та захисту від впливу факторів зовнішнього середовища [34]. На якість молока та кисломолочних продуктів впливають склад продукту, технологія виробництва, умови фасування та характеристики пакувальних матеріалів.

Використання неякісної упаковки може негативно позначатися на властивостях кисломолочних продуктів. Наприклад, багатошарова картонна упаковка краще захищає продукцію від дії сонячного світла порівняно з прозорою пластиковою тарою, що сприяє подовженню строку зберігання. Оскільки молоко та кисломолочні продукти здатні поглинати сторонні запахи, леткі сполуки та деякі метали, пакувальні матеріали повинні бути герметичними, не мати власного запаху, не пропускати сторонні речовини та бути стійкими до дії молочного жиру [34].

Під час вибору упаковки для молочної продукції необхідно враховувати специфічні властивості продукту та умови його зберігання [34].

1. Скляна тара забезпечує можливість візуального контролю якості та свіжості продукції, добре зберігає смакові властивості та підлягає вторинній переробці. У сучасних умовах її переважно використовують для фасування преміальної та дитячої продукції. Основними недоліками скляної тари є крихкість та відносно короткий термін зберігання продукту [34].
2. Для виробництва м'яких пакетів широко застосовують поліетиленову плівку, яка може складатися з декількох шарів, що підвищує її щільність і жиростійкість. Така упаковка характеризується низькою собівартістю та забезпечує захист продукту від дії сонячного світла [34].

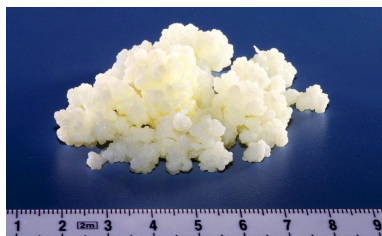
3. Для фасування молочної продукції пастоподібної консистенції використовують термоформовану тару, виготовлену з термопластичних полімерів, зокрема ударостійкого полістиролу та інших матеріалів із подібними властивостями [34].
4. У виробництві кисломолочних продуктів також широко застосовують комбіновані пакувальні матеріали на основі паперу та картону. Найбільш поширеними видами такої упаковки є Tetra Brik, Tetra Brik Aseptic та Pure-Pak [34]. Упаковка типу Tetra Brik складається з декількох шарів поліетилену, паперу та фольги й має прямокутну форму. Tetra Brik Aseptic є одним із найпоширеніших видів упаковки для молока завдяки високим бар'єрним властивостям. Упаковка Pure-Pak має витягнуту прямокутну форму та виготовляється з багат шарового ламінованого матеріалу, що забезпечує ефективний захист продукту від зовнішніх впливів.

1.4. Характеристика біологічного агенту

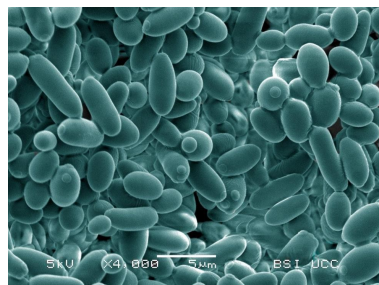
Характеристика кефірних грибків (зерен).

Кефірні грибки являють собою компактні утворення неправильної овальної форми з горбистою або складчастою поверхнею, що за зовнішнім виглядом нагадують суцвіття цвітної капусти. Їх консистенція є пружною, колір – білим із жовтуватим відтінком, а смак – характерним кислим. Розміри кефірних зерен можуть варіювати від кількох міліметрів до 2–4 см. Основу структури кефірного грибка становить матриця, утворена білками та полісахаридами, у якій локалізуються бактерії та дріжджі (рис.1) [24].

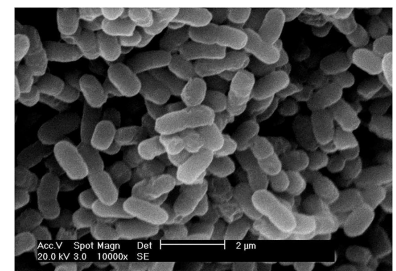
Рисунок 1. Зображення кефірного грибка та видовий склад мікрофлори кефіру.



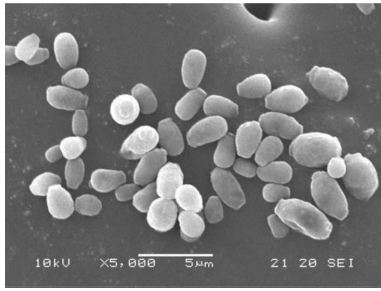
Зображення кефірного грибка [30]



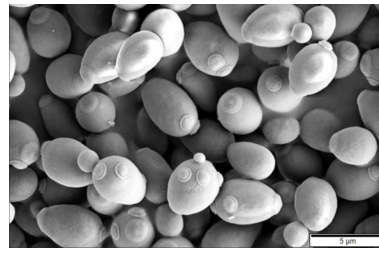
Мікрототографія
Kluveromyces marxianus [5]



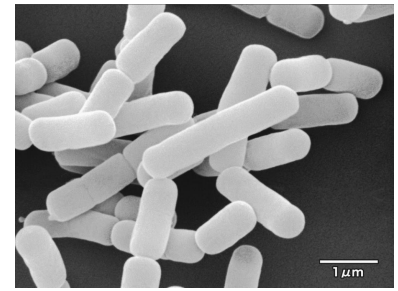
Мікрофотографія
Acetobacter aceti [1]



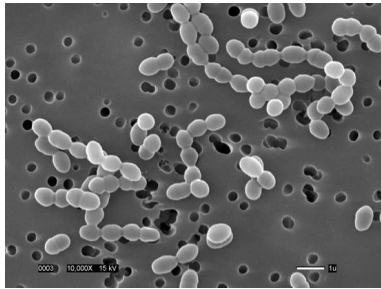
Мікрофотографія *Pichia*
(дріжджів родини
Saccharomycetaceae [12])



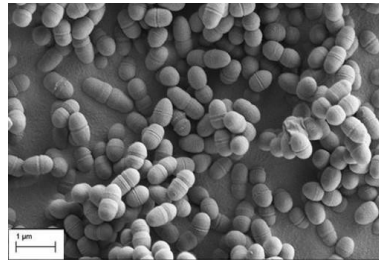
Мікрофотографія
Saccharomyces [13]



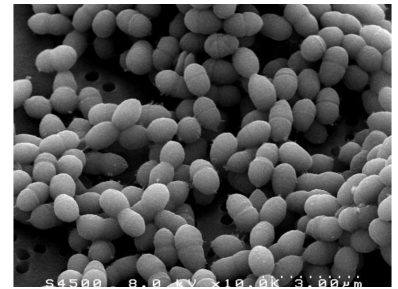
Мікрофотографія
Lactobacillus [8]



Leuconostoc mesenteroides
[11]



Lactococcus lactis [9]



Streptococcus thermophilus
[15]

Кефірні зерна здатні до росту та самовідтворення з утворенням нових структур, ідентичних за морфологічними та фізіологічними властивостями. У виробничих умовах нові грибки формуються внаслідок росту та розмноження вже наявних зерен [24].

Хімічний склад кефірних грибків характеризується високим вмістом води – 80–90 %, тоді як вміст білків становить 3–6,5 %, жирів – 0,2–0,3 %, а полісахаридів – 6–12 %. Дослідження білкового складу кефірних гранул методом електрофорезу в поліакриламідному гелі показали, що основні білки грибків мають вищу молекулярну масу порівняно з білками молока та не є продуктами протеолітичного розщеплення [24].

Збільшення маси кефірних зерен відбувається переважно за рахунок синтезу білків і полісахаридів, тоді як частка мікрофлори становить лише близько 0,9 % сухої маси грибка. Питома швидкість росту біомаси кефірних зерен становить у середньому 0,04–0,1 доби⁻¹. За оптимальних умов культивування, зокрема при температурі 25 °С, перемішуванні зі швидкістю 80 об/хв та додаванні до молока лактози, тіаміну, мінеральних солей і вітамінів, цей показник може зростати до 0,3–0,45 доби⁻¹ [24].

Мікроскопічні дослідження мікротомних зрізів кефірного грибка

свідчать про наявність щільного переплетення паличкоподібних ниток, які формують строму грибка та забезпечують утримання інших груп мікроорганізмів [15].

Мікрофлора кефірних грибків представлена складною симбіотичною асоціацією мікроорганізмів, до складу якої входять гомо- та гетероферментативні лактококи, термофільні та мезофільні лактобацили, дріжджі й оцтовокислі бактерії. Ці мікроорганізми присутні як у кефірній заквасці, так і в готовому продукті. Серед молочнокислих бактерій у кефірних грибках виявлено *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis* (до 30 %), *Lactococcus lactis subsp. lactis* (до 20 %) та *Lactobacillus sp.* (до 20 %). До мезофільних молочнокислих бактерій належать *Lactococcus lactis subsp. cremoris* і *Leuconostoc sp.*, частка яких становить близько 7 % [21].

Серед домінуючих представників роду *Lactobacillus* виділяють *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei subsp. casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus kefir* та *Lactobacillus brevis*. Ці мікроорганізми характеризуються вираженими антагоністичними властивостями щодо патогенних і умовно-патогенних бактерій, зокрема кишкової палички [21].

Обов'язковою мікрофлорою кефірного грибка є оцтовокислі бактерії *Acetobacter aceti* (до 3 % від загальної кількості мікрофлори) та дріжджі (10 %), представлені двома групами. До першої належать види, здатні до збродження молочного цукру (*Kluyveromyces marxianus var. marxianus*, *Kluyveromyces marxianus var. Lactis*), засвоюють лактозу за схемою спиртового бродіння, утворюючи спирт та вуглекислий газ. Другу групу складають дріжджі роду *Saccharomyces* і *Pichia*, які асимілюють лактозу, не провокуючи газоутворення і накопичення значних кількостей продуктів життєдіяльності (переважають у кефірних грибках і заквасці) [21].

Обов'язковими компонентами мікрофлори кефірного грибка є оцтовокислі бактерії *Acetobacter aceti*, частка яких становить до 3 % загальної

кількості мікроорганізмів, а також дріжджі, що складають близько 10 % мікрофлори [21]. Дріжджові культури представлені двома основними групами. До першої належать види *Kluyveromyces marxianus var. marxianus* та *Kluyveromyces marxianus var. lactis*, які здатні збродувати лактозу з утворенням етилового спирту та вуглекислого газу. Другу групу становлять дріжджі родів *Saccharomyces* і *Pichia*, які асимілюють лактозу без інтенсивного газоутворення та накопичення значної кількості продуктів метаболізму [21].

Стабільність розвитку дріжджів і бактерій забезпечується їх симбіотичними взаємовідносинами. Дріжджі в процесі росту продукують метаболіти, що стимулюють розвиток молочнокислих бактерій, тоді як утворений етиловий спирт пригнічує надмірне розмноження бактеріальних клітин та уповільнює процеси старіння популяції. У свою чергу, молочнокислі бактерії забезпечують дріжджі доступними джерелами азоту завдяки протеолітичному розщепленню молочних білків. Крім того, накопичення молочної кислоти внаслідок збродування лактози створює оптимальні значення рН для розвитку дріжджів [21].

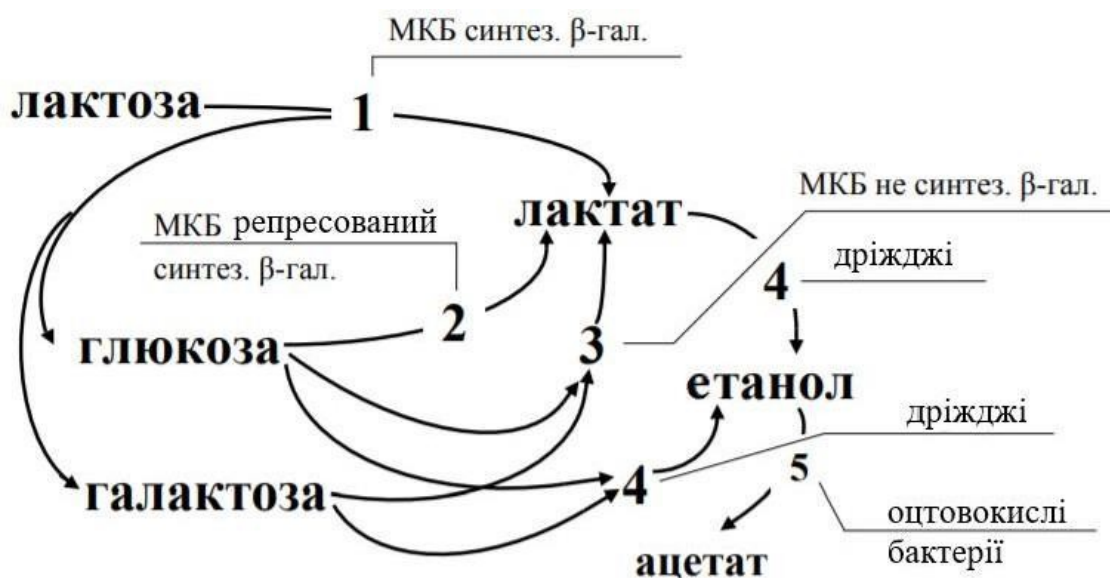
Збалансований розвиток усіх груп мікроорганізмів є необхідною умовою формування характерних органолептичних властивостей кефіру. Представники роду *Lactobacillus* продукують молочну кислоту та пригнічують розвиток сторонньої мікрофлори. Мікроорганізми *Leuconostoc* spp. та *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* синтезують ароматичні сполуки, зокрема діацетил, леткі органічні кислоти й естери, а також вуглекислий газ, що суттєво впливає на смак і аромат продукту. *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* та *Streptococcus thermophilus* забезпечують формування густої сметаноподібної консистенції. Лактозопозитивні дріжджі ініціюють спиртове бродіння з утворенням етилового спирту та CO₂, тоді як оцтовокислі бактерії синтезують оцтову кислоту, яка надає кефіру характерного освіжаючого смаку [21].

Розвиток окремих груп мікроорганізмів залежить від умов середовища,

зокрема температури, кислотності та рівня аерації. На початкових етапах ферментації переважає розвиток лактококів. У міру зниження рН активізується ріст молочнокислих паличок і дріжджів, які поступово пригнічують розвиток лактококів. У разі тривалого перекидання закваски домінуючими стають лактобацили, дріжджі та оцтовокислі бактерії. Водночас частіша заміна молока створює сприятливі умови для розвитку мезофільних молочнокислих бактерій [21]. Таким чином, підтримання стабільного складу мікрофлори є необхідною умовою отримання якісного кефіру з прогнозованими властивостями [21].

Трофічний ланцюг асоціативної культури кефірних грибків

Асоціативна культура кефірних грибків являє собою складну та стійку мікробну систему, у якій між окремими групами мікроорганізмів формуються вертикальні та горизонтальні трофічні зв'язки [30]. На основі літературних даних було запропоновано функціональну модель трофічного ланцюга кефірних грибків, що відображає взаємозв'язки між основними фізіологічними групами мікроорганізмів (рис. 2) [30].



1 – молочнокислі бактерії-продуценти β -галактозидази; 2 –молочнокислі бактерії групи 1 із репресованим глюкозою синтезом β -галактозидази; 3 – молочнокислі бактерії, що не синтезують β -галактозидазу; 4 –дріжджі; 5 – оцтовокислі бактерії.

Рисунок 2. Загальна схема трофічного ланцюга асоціативної культури кефірних грибків КГЛас + і КГЛас-[30].

Основними продуцентами у складі мікробного консорціуму є молочнокислі бактерії з β -галактозидазною активністю, які використовують

лактозу як субстрат для молочнокислого бродіння та забезпечують швидке підкислення середовища. Наявність декількох видів бактерій із β -галактозидазною активністю свідчить про існування механізмів регуляції їх розвитку, конкурентних взаємовідносин за поживні речовини та зміну домінуючих продуцентів залежно від умов культивування [30]. Передбачається, що бактерії виду *Lactococcus lactis*, здатні розвиватися як за нейтральних, так і за кислих значень рН, використовують лактозу на початкових стадіях ферментації. Подальше зниження рН стимулює активізацію бактерій роду *Lactobacillus*, які характеризуються вищою кислотостійкістю та здатністю накопичувати значні концентрації молочної кислоти. Глюкоза та галактоза, що утворюються внаслідок гідролізу лактози, використовуються іншими групами молочнокислих бактерій та дріжджами для здійснення спиртового бродіння. Ці мікроорганізми виконують регуляторну функцію, знижуючи концентрацію глюкози в середовищі та усуваючи її інгібуючий вплив на синтез β -галактозидази [30].

Дріжджі у складі кефірних грибків беруть участь не лише у спиртовому бродінні, а й у стимуляції росту бактеріальних культур за рахунок продуктів власного метаболізму та автолізу. Утворений етиловий спирт надалі використовується оцтовокислими бактеріями для синтезу оцтової кислоти [30].

Отримані результати досліджень розширюють уявлення про трофічні взаємозв'язки в асоціативній культурі кефірних грибків та можуть бути використані як теоретична основа для створення функціонально стабільних заквасочних культур із прогнозованими технологічними властивостями [30].

2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Мета роботи – визначити вплив кількості дріжджової мікробіоти на формування технологічних показників кефіру та термін зберігання кисломолочного продукту.

Для реалізації мети було поставлено наступні завдання:

1. Провести аналіз мікробіоти кефіру та її роль в ферментативному процесі виробництва кефіру
2. Оцінити кефір різних виробників на відповідність основним вимогам якості й безпечності згідно ДСТУ 4417:2005
3. Дослідити кінетику ферментації суміші для кефіру з різним вмістом дріжджів
4. Визначити вплив різної кількості дріжджів на технологічні показники експериментальних зразків кефіру за його зберігання
5. Провести характеристику експериментальних зразків кефіру за органолептичними властивостями з різною кількістю дріжджів за його зберігання

Об'єктом дослідження слугували дріжджова мікробіота кефіру, ферментативні процеси в кефірі, термін зберігання кефіру, вади кефіру.

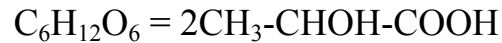
Предмет дослідження – ферментативні процеси за участі дріжджової мікробіоти у кефірі, органолептичні зміни у кефірі.

Методи досліджень: аналітичні (пошук і огляд джерел літератури про технологію кефіру, роль грибкової мікробіоти у формуванні смакових властивостей та вплив її на термін зберігання); мікробіологічні (кінетика дріжджової, молочнокислої мікробіоти за ферментації кефіру та за його зберігання) фізико-хімічні (кінетика титрованої кислотності), органолептичні (бальна оцінка продукту), статистичні.

3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Біохімічна схема виробництва

Молочнокисле бродіння – Молочнокисле бродіння є біохімічним процесом, у ході якого одна молекула гексози перетворюється на дві молекули молочної кислоти [31]:



Процес молочнокислого бродіння має важливе значення у виробництві кисломолочних продуктів, зокрема кислого молока, ацидофіліну, кефіру та кумису. Крім того, він широко застосовується у виробництві квасу, хлібних заквасок, рідких дріжджів для хлібопечення, а також під час квашення овочів і силосування кормів [31].

Мікроорганізми, здатні здійснювати молочнокисле бродіння, поділяють на дві основні групи [31]. До першої належать гомоферментативні молочнокислі бактерії, які здійснюють перетворення гексоз переважно на молочну кислоту відповідно до наведеної схеми. Типовими представниками цієї групи є бактерії, подібні до *Streptococcus lactis* [31]. Другу групу становлять гетероферментативні молочнокислі бактерії, які, окрім молочної кислоти, утворюють також інші продукти метаболізму, зокрема етиловий спирт, оцтову кислоту та вуглекислий газ. Характерним представником цієї групи є *Bacterium lactis aerogenes*, здатний синтезувати молочну й оцтову кислоту, етиловий спирт, водень, метан та CO₂ [31].

Залежно від складу кінцевих продуктів молочнокисле бродіння поділяють на гомоферментативне та гетероферментативне [31].

У разі гомоферментативного молочнокислого бродіння (рис. 3) основним шляхом перетворення цукрів є гліколіз. Приблизно 90 % кінцевих продуктів становить молочна кислота, а решту – ацетат, ацетоїн та етанол [31]. Основними субстратами процесу є лактоза, моносахариди, дисахариди та деякі органічні кислоти. Процес здійснюється представниками родів *Streptococcus*, *Pediococcus*, а також окремими видами роду *Lactobacillus*, які природно трапляються у шлунково-кишковому тракті, молочних залозах ссавців і на поверхні рослин.

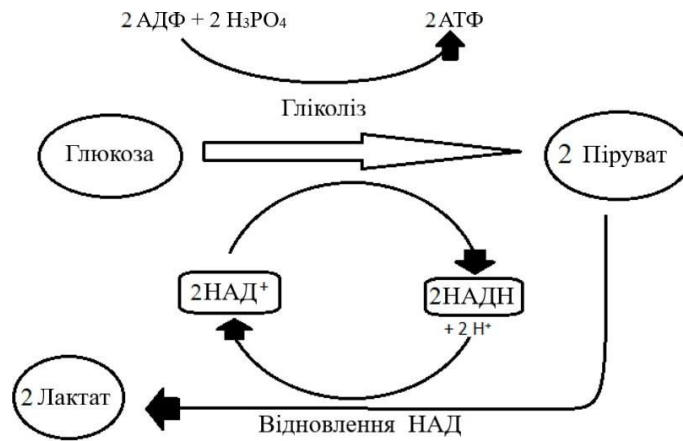


Рисунок 3. Загальна схема гомоферментативного молочнокислого бродіння [31].

Під час гетероферментативного молочнокислого бродіння (рис. 4) цукри метаболізуються переважно через пентозофосфатний шлях, унаслідок чого молочна кислота становить лише близько половини кінцевих продуктів [31].

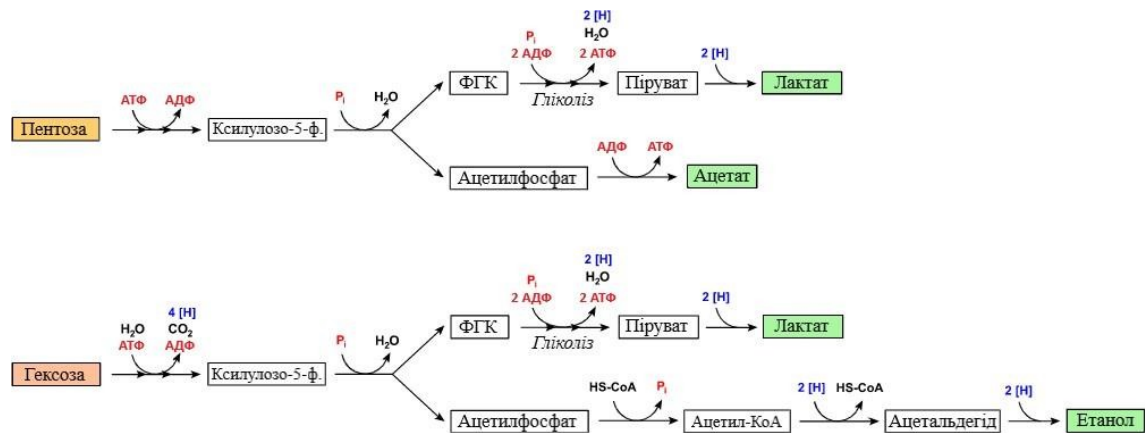


Рисунок 4. Схема гетероферментативного молочнокислого бродіння [33]

Окрім лактату, у процесі утворюються ацетат, етиловий спирт і вуглекислий газ. Основним субстратом для такого типу бродіння є мальтоза [33]. Гетероферментативні бактерії не містять ключових ферментів гліколізу – альдолази та тріозофосфатізомерази, тому не здатні повноцінно використовувати гліколітичний шлях для окиснення цукрів. Окремі представники лактобацил здатні гідролізувати мальтозу з одночасним фосфорилуванням та утворенням глюкозо-6-фосфату й галактози, що забезпечує підвищення енергетичного виходу процесу бродіння.

До гетероферментативних молочнокислих бактерій належать окремі представники роду *Lactobacillus*, зокрема *Lactobacillus fermentum* та *Lactobacillus brevis*, а також бактерії роду *Leuconostoc* [33].

Деякі гомоферментативні бактерії за певних умов можуть переходити до гетероферментативного типу метаболізму. Наприклад, *Lactobacillus plantarum*, який природно поширений на рослинних субстратах, використовує гліколіз для окиснення гексоз, тоді як пентози метаболізує через пентозофосфатний шлях із утворенням лактату та ацетату [33].

Частина гетероферментативних бактерій є чутливою до умов навколишнього середовища. Зокрема, *Leuconostoc mesenteroides* за наявності кисню здатний інтенсивно синтезувати полісахариди та набувати слизистої консистенції, одночасно продукуючи етиловий спирт [33].

Важливою складовою технології виробництва кефіру є спиртове бродіння, яке здійснюється дріжджами, переважно представниками роду *Saccharomyces*. Сумарне рівняння спиртового бродіння має вигляд [31]:



Однак наведене рівняння не повністю відображає складність процесу, оскільки під час спиртового бродіння, окрім етилового спирту та вуглекислого газу, утворюються також побічні продукти – бурштинова та лимонна кислоти, гліцерин, вищі спирти, дикетони, оцтовий альдегід та інші сполуки, які формують характерний аромат ферментованих продуктів [31].

Різні цукри зброджуються дріжджами з неоднаковою швидкістю. Найшвидше метаболізуються глюкоза та фруктоза, повільніше – маноза й галактоза. Пентози дріжджами практично не зброджуються. Сахароза та мальтоза можуть використовуватися як субстрати лише після їх попереднього гідролізу до моносахаридів під дією ферментів α -глікозидази та β -фруктофуранозидази [31].

Біохімічний механізм спиртового бродіння включає окиснювальний та відновний етапи. На першому етапі глюкоза в процесі гліколізу перетворюється на піруват із синтезом АТФ та відновлених коферментів НАДН+Н⁺. За анаеробних умов фермент піруватдекарбоксилаза за участю тіамінпірофосфату каталізує перетворення пірувату на ацетальдегід і CO₂. Надалі алкогольдегідрогеназа відновлює ацетальдегід до етилового спирту з

використанням НАДН+Н⁺ (рис. 5) [23]:

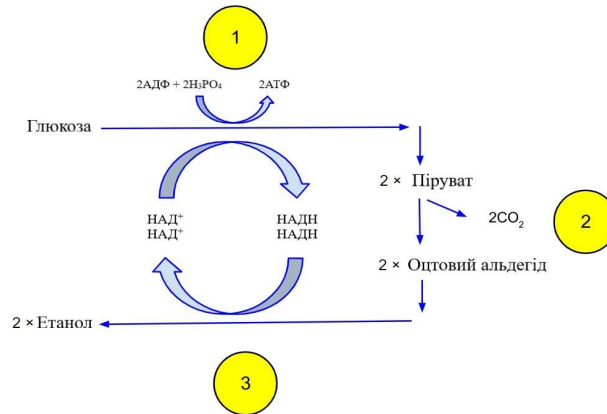
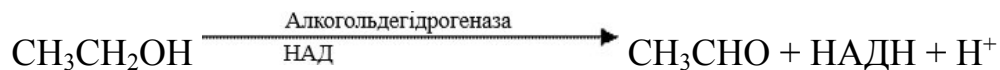
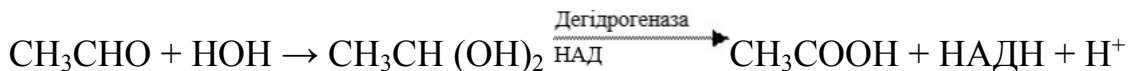


Рисунок 5. Загальна схема спиртового бродіння [23]

Оцтовокисле бродіння здійснюється бактеріями виду *Acetobacter aceti*, які є облигатними аеробами та здатні окиснювати етиловий спирт до оцтової кислоти [22]. Початковою стадією процесу є дегідрування етанолу за участю НАД-залежних дегідрогеназ:



Утворений ацетальдегід надалі окиснюється до оцтової кислоти [23]:



Енергетичний ефект процесу становить приблизно 489 кДж при окисненні 1 моль етилового спирту. За недостатньої кількості етанолу оцтовокислі бактерії можуть окиснювати оцтову кислоту до вуглекислого газу та води, а також використовувати інші одно- та багатоатомні спирти, зокрема гліцерин, маніт і сорбіт [22]. Крім того, оцтовокислі бактерії здатні окиснювати вуглеводи до відповідних органічних кислот: глюкозу – до глюконової кислоти, а галактозу – до галактонової. Деякі види цих бактерій можуть також перетворювати молочну кислоту на ацетоїн, а органічні кислоти, такі як винна, бурштинова та яблучна, використовувати як джерела живлення [22].

3.2. Технологічний процес та схема виробництва кефіру

Технологія виробництва кефіру резервуарним способом передбачає послідовне виконання низки технологічних операцій, спрямованих на

забезпечення стабільної якості готового продукту [22]. Основними стадіями процесу є: приймання та оцінювання якості молока, очищення і охолодження сировини, теплова та механічна обробка молока, підготовка нормалізованої молочної суміші, заквашування, сквашування, дозрівання, охолодження та фасування готового продукту.

Початковий етап виробництва включає приймання молока, його сортування за показниками якості та визначення кількості сировини. Після цього молоко очищують від механічних домішок за допомогою фільтрів і охолоджують у пластинчастих охолоджувальних установках із подальшим зберіганням у резервуарах [22].

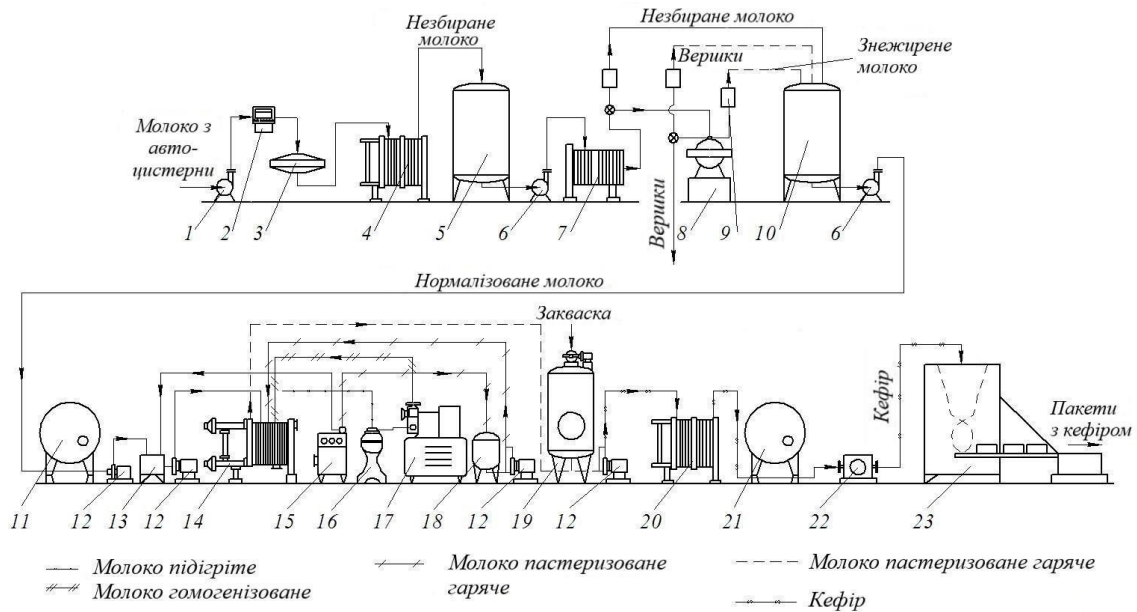
Технологічна лінія виробництва кефіру містить комплекс обладнання для підготовки молока до перероблення, до складу якого входять насоси, витратоміри, фільтри, теплообмінні та охолоджувальні установки, а також резервуари для зберігання сировини. Провідне значення у виробничому процесі мають комплекси устаткування для нормалізації, пастеризації, заквашування та сквашування молочної суміші. До них належать теплообмінні установки, сепаратори-вершковідділювачі, дозатори, резервуари для змішування компонентів, сепаратори-молокоочисники, гомогенізатори, а також апарати для сквашування з можливістю охолодження та перемішування продукту [22].

Комплекс обладнання для отримання готової продукції включає резервуари для зберігання кефіру, насоси, охолоджувальні установки та фасувальні машини для пакування продукту у споживчу тару [22].



Рисунок 6. Блок-схема виробництва біфідокефіру

Технологічна принципова схема лінії виробництва кефіру резервуарним способом зображена на рисунку 6 [22].



1 – насос; 2 – лічильник-витратомір; 3 – фільтр; 4 – пластинчаста охолоджувальна установка; 5 – резервуар; 6 – відцентровий насос; 7 – пластинчаста теплообмінна установка; 8 – сепаратор; 9 – дозатор; 10 – резервуар; 11 – виробничий резервуар; 12 – насос-дозатор; 13 – зрівняльний бак; 14 – пластинчаста установка; 15 – пульт керування; 16 – сепаратор; 17 – гомогенізатор; 18 – витримувач; 19 – апарат; 20 – охолоджувальна установка; 21 – проміжний резервуар; 22 – насос; 23 – воронка фасувальної машини.

Рисунок 7. Технологічна принципова схема виробництва кефіру [31].

Незбиране молоко після проходження контролю якості подається відцентровими насосами через витратомір і фільтр до пластинчастої охолоджувальної установки, де охолоджується та надходить у резервуар для тимчасового зберігання [22]. Для приготування нормалізованої молочної суміші молоко насосом подають до пластинчастої теплообмінної установки, де його нагрівають до температури 41–45 °С, після чого направляють у сепаратор-вершковідділювач. У процесі сепарування молоко розділяється на вершки та знежирене молоко. Нормалізацію здійснюють шляхом додавання необхідної кількості вершків або знежиреного молока відповідно до розрахованого матеріального балансу [22]. За необхідності до суміші додають попередньо відновлене сухе молоко.

Підготовлену нормалізовану суміш подають у виробничий резервуар, після чого вона надходить до пастеризаційної установки. На цьому етапі молочну суміш нагрівають до температури 35–45 °С, очищують у сепараторі-молокоочиснику та направляють на гомогенізацію. Гомогенізацію проводять

за тиску 12,5–17,5 МПа та температури 43–85 °С, що забезпечує рівномірний розподіл жирових кульок і підвищення стабільності консистенції продукту [22].

Після гомогенізації суміш піддають пастеризації. Процес здійснюють за температури 90–94 °С із витримкою 2–8 хвилин або за температури 85–89 °С протягом 10–15 хвилин [22]. Пастеризована суміш витримується у спеціальному резервуарі, після чого її охолоджують до температури заквашування – 23–25 °С.

Основний етап виробництва кефіру – заквашування та сквашування – проводять у спеціальному апараті, оснащеному водяною сорочкою та мішалкою для забезпечення рівномірного перемішування суміші [22]. Для запобігання спінюванню та подальшому відокремленню сироватки молочну суміш подають через нижній штуцер апарата.

Виробничу кефірну закваску вносять у кількості 3–5 % від маси нормалізованої суміші. Закваску можуть додавати як безпосередньо перед подачею суміші в апарат, так і одночасно з молочною сумішшю у потоці за допомогою насоса-дозатора [22]. Для забезпечення рівномірного розподілу закваски перемішування продовжують ще протягом 15 хвилин після заповнення апарата.

Сквашування здійснюють за температури 23–25 °С до утворення молочно-білкового згустку з кислотністю 80–100 °Т та значенням рН 4,65–4,50 [22]. Після завершення процесу в сорочку апарата подають крижану воду для охолодження продукту. Через 60–90 хвилин після початку охолодження згусток перемішують протягом 10–30 хвилин для формування однорідної консистенції та запобігання відокремленню сироватки під час зберігання.

Охолоджений згусток витримують для дозрівання. На початковому етапі дозрівання мішалку періодично вмикають через певні проміжки часу, що сприяє рівномірному охолодженню та стабілізації структури продукту [22]. Після досягнення температури 12–16 °С подачу холодоносія припиняють, а

продукт залишають у стані спокою на 9–13 годин для завершення процесу дозрівання.

Перед фасуванням готовий кефір додатково охолоджують до температури 4–8 °С у пластинчастій охолоджувальній установці та подають у проміжний резервуар [22]. Звідти продукт насосом транспортують до фасувальної машини для пакування у споживчу тару. Після фасування кефір витримують у холодильній камері за температури 4–8 °С, що забезпечує покращення консистенції та стабілізацію органолептичних властивостей готового продукту [22].

3.3. Пропонована зміна в технології

Метою запропонованої технологічної модифікації є розроблення способу отримання біфідовмісних продуктів із підвищеною біологічною активністю та тривалішим терміном зберігання без суттєвого зниження життєздатності пробіотичних культур [35]. Особливістю технології є використання удосконаленого живильного середовища для культивування бактерій *Bifidobacterium bifidum*. Запропонований спосіб передбачає внесення посівної дози культури *Bifidobacterium bifidum* у живильне середовище, до складу якого входять цистин солянокислий, автолізат пекарських дріжджів, D(–)-лактоза, аскорбінова кислота та панкреатичний гідролізат молока (таблиця 6) [35]. Основою середовища є стерильне молоко із вмістом сухого знежиреного молочного залишку на рівні 11–14 %

Таблиця 6. Склад поживного середовища [35]

Компоненти поживного середовища	Вміст, %
Панкреатичний гідролізат молока	7,0 – 9,0
D(–)-лактоза	0,05 – 0,15
Цистин солянокислий	0,001 – 0,007
Аскорбінова кислота	0,003 – 0,009
Автолізат пекарських дріжджів	0,5 – 2,0
Стерильне молоко (основа)	до 100

Культивування бактерій здійснюють за температури $(37–38) \pm 0,5$ °С до

отримання концентрату біомаси біфідобактерій із біологічним титром не менше $(0,8-1,0) \cdot 10^{10}$ КУО/см³ та кислотністю 100–120 °Т [35]. Як виробничий штам використовують *Bifidobacterium bifidum* N 791, який культивують протягом 18–24 годин.

Підвищений вміст сухого молочного залишку у живильному середовищі забезпечує формування щільнішого та стабільнішого згустку біомаси, а також сприяє посиленню антагоністичних властивостей біфідобактерій [35]. Додавання панкреатичного гідролізату молока забезпечує середовище сумішшю низько- та високомолекулярних пептидів, які ефективно стимулюють ріст пробіотичних мікроорганізмів.

Автолізат пекарських дріжджів виконує роль джерела вітамінів та факторів росту для біфідобактерій [35]. Введення D(–)-лактози сприяє розвитку поліморфізму клітин *Bifidobacterium bifidum*, що підвищує їх стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища та забезпечує триваліше збереження активності культури у рідкому середовищі [35].

Наявність аскорбінової кислоти у складі живильного середовища сприяє швидшому створенню анаеробних умов культивування та підвищує стійкість клітин до пошкоджувальних факторів [35]. Запропоноване живильне середовище характеризується простішим складом порівняно з традиційними аналогами та не потребує використання складного технологічного обладнання.

Зменшення концентрації окремих компонентів нижче рекомендованих меж призводить до зниження біотитру та антагоністичних властивостей біфідоконцентрату, тоді як перевищення верхніх меж не забезпечує суттєвого покращення якості продукту та спричиняє його здорожчання [35].

Для отримання біфідокефіру до концентрату біфідобактерій додають термічно оброблене й охолоджене молоко та кефірну закваску [35]. Співвідношення компонентів становить: концентрат біфідобактерій – 0,1–0,5 %, кефірна закваска – 4,0–6,0 %, решта – молоко. Сквашування проводять до досягнення кислотності 80–100 °Т та концентрації

біфідобактерій не менше $(1-5) \cdot 10^7$ КУО/см³ [35].

Використання концентрату біфідобактерій із поліморфними клітинами забезпечує підвищену конкурентоспроможність біфідобактерій відносно кефірної мікрофлори навіть за співвідношенням 1 : 4–8. Крім того, підвищена кислотність та стійкість пробіотичних культур дозволяють збільшити термін зберігання біфідокефіру до 3–5 діб без втрати біологічної активності [35].

Промислова реалізація технології передбачає внесення до 9450 см³ молока 500 см³ кефірної закваски та 50 см³ концентрату *Bifidobacterium bifidum* із біотитром $(0,8-1,0) \cdot 10^{10}$ КУО/см³. Після заквашування до кислотності 80–100 °Т готовий продукт охолоджують та фасують у споживчу тару [35].

3.4. Матеріальний та тепловий баланси виробництва

Для виготовлення біфідокефіру використовують молоко коров'яче з масовою часткою жиру 4,0 %; молоко коров'яче знежирене з масовою часткою жиру 0,05 %; закваску на кефірних грибках.

Для виготовлення кефіру жирністю 3,2 % використовують молоко з масовою часткою жиру 4,0 % та знежирене молоко – 0,05 %, отримане шляхом його нормалізації. Використовують закваску на кефірних грибках та біфідобактеріях у кількості 55 кг на 1000 кг готового продукту.

Розраховуємо кількість молока (А) та знежиреного молока (В), необхідних для виробництва 1000 кг кефіру. Складається система рівнянь за жировим балансом:

$$4,00 \times A + 0,05 \times B + 4,00 \times 55 = (A + B + 55) \times 3,20 \quad (A + B + 55) = 1000 \text{ кг};$$

де А – маса молока жирністю 4 %, кг;

В – маса знежиреного молока жирністю 0,05 %, кг;

$(A + B + 55)$ – маса кефіру жирністю 3,2 %, кг.

$$4,00 \times A + 0,05 \times B + 55 \times 4,00 = 1000 \times 3,2 \quad A + B = 1000 - 55 \text{ кг}$$

$$A + B = 945 \text{ кг}$$

Нехай $A = 945 - B$, тоді:

$$(945 - B) \times 4 + B \times 0,05 + 55 \times 4,00 = 2500 \text{ кг}$$

$$B \times 3,95 = 582,2 \text{ кг } B = 147,39 \text{ кг}$$

$B = 147,39 \text{ кг}$ – маса знежиреного молока:

$A = 797,61 \text{ кг}$ – маса молока з масовою часткою жиру 4 %

Масу незбираного сепарованого молока для отримання необхідної кількості знежиреного молока обраховують із врахуванням отримання вершків з масовою часткою жиру 10 %.

Маса незбираного молока:

$$m_{\text{нм.сепар}} = \frac{m_{\text{зн.м.}} \cdot (Ж_{\text{зн.м.}} - Ж_{\text{в}})}{(Ж_{\text{н.м.}} \cdot Ж_{\text{в}})}$$

де $m_{\text{зн.м.}}$ – маса знежиреного молока, кг;

$Ж_{\text{зн.м.}}$ – вміст жиру в знежиреному молоці, %; $Ж_{\text{в}}$ – вміст жиру у вершках, %;

$Ж_{\text{н.м.}}$ – вміст жиру у незбираному молоці, %.

$$m_{\text{нм.сепар}} = \frac{146,84 \cdot (0,05 - 10)}{4 - 10} = 322,88 \text{ кг}$$

Перевіряють правильність розрахунку, визначаючи масову частку жиру (МЧЖ) у кефірі підвищеної харчової цінності.

$$МЧЖ = \frac{797,61 \cdot 4,00 + 147,39 \cdot 0,05 + 55 \cdot 4,00}{1000} = 3,2 \%$$

Відповідно до нормативних документів масова частка сухих речовин в молоці становить 12,5 %, в знежиреному молоці – 8,75 %, в заквасці – 12-14 %

Обраховуємо масову частку сухих речовин (МЧСР) для даного кефіру:

$$МЧСР_{\text{гп}} = \frac{(m_{\text{м.н.}} \cdot МЧСР_{\text{м.н.}} + m_{\text{м.зн.}} \cdot МЧСР_{\text{м.зн.}} + m_{\text{з.п.}} \cdot МЧСР_{\text{з.п.}})}{1000}$$

де $m_{\text{м.н.}}$ – маса незбираного молока, кг;

$МЧСР_{\text{м.н.}}$ – масова частка сухих речовин незбираного молока, %; $m_{\text{м.зн.}}$ – маса знежиреного молока, кг;

$МЧСР_{\text{м.зн.}}$ – масова частка сухих речовин знежиреного молока, %; $m_{\text{з.п.}}$ – маса заквашувального препарату, кг;

$MЧСР_{з.п.}$ – масова частка сухих речовин заквашувального препарату, %;

$$MЧСР_{гп} = \frac{797,61 \cdot 12,5 + 147,39 \cdot 8,75 + 55 \cdot 12,5}{1000} = 11,95 \%$$

Кількість компонентів для виготовлення 1 т кефіру наведено у таблиці 7.

Таблиця 7. Кількість компонентів для виготовлення 1 т кефіру

Компоненти	МЧЖ, %	МЧСР, %	Кількість, кг
Незбиране молоко	4	12,5	797,61
Знежирене молоко	0,05	8,75	147,39
Заквашувальний препарат	4	12,5	55
Всього	3,2	11,95	1000

На виробництві планується виробляти 18 т кефіру із врахуванням втрат у розмірі 4 %, кількість використаних компонентів показано у таблиці 8.

Таблиця 8. Кількість компонентів для виготовлення 18 т кефіру

Компоненти	МЧЖ, %	МЧСР, %	Кількість, кг	Кількість, кг (з урахуванням втрат)
Незбиране молоко	4	12,5	14356,98	14931,26
Знежирене молоко	0,05	8,75	2653,02	2759,14
Заквашувальний препарат	4	12,5	990	1029,60
Всього	3,2	11,95	18000	18720

Тепловий баланс біотехнологічного виробництва кефіру

Теплові розрахунки включають встановлення витрат теплоносіїв (пари, гарячої води) та охолоджуючих агентів (холодної, крижаної води) на нагрівання і охолодження сировини, побічних і готових продуктів. Для цього визначають кількість тепла, витраченого на нагрівання або виділеного при охолодженні середовища за формулою:

$$G_{гар} = \frac{G_{хол} \cdot C_M \cdot (T_{M1} - T_{M2})}{C_V \cdot (T_{V1} - T_{V2})}$$

$$Q_{одерж} = Q_{витр}; Q_{гар} = Q_{одерж}; Q_{хол} = Q_{витр};$$

$$Q_{гар} = G_{гар} \cdot C_V \cdot (T_{V1} - T_{V2}); Q_{хол} = G_{хол} \cdot C_M \cdot (T_{M1} - T_{M2});$$

Де $Q_{одерж}$, $Q_{гар}$ – кількість тепла, витраченого на нагрівання середовища, кДж/добу;

$Q_{витр}$, $Q_{хол}$ – кількість тепла, що виділяється при охолодженні середовища, кДж/добу;

$G_{гар}$ – витрата гарячого теплоносія, кг/добу;

C_B – середня питома теплоємність гарячого теплоносія, кДж/кг °К;

T_{B1}, T_{B2} – початкова і кінцева температура гарячого теплоносія, °К. $G_{хол}$ – витрата охолоджувальної води, кг/добу;

C_M – середня питома теплоємність холодної речовини, кДж/кг °К; T_{M1}, T_{M2} – температура середовища на виході та вході в апарат, К;

- теплоємність молока – 3,978 кДж/кг × К;
- теплоємність води – 4,19 кДж/кг × К;
- теплоємність кефіру – 3,8 кДж/кг × К.

За розрахунок кількості тепла, витраченого на нагрівання середовища, слід враховувати втрати тепла в доквілля. З рівняння теплового балансу визначимо витрати нагріваючої речовини для виготовлення 18000 кг кефіру:

$$G_{гар} \cdot C_B \cdot (T_{B1} - T_{B2}) = G_{хол} \cdot C_M \cdot (T_{M1} - T_{M2}),$$

Показники витрат нагріваючої речовини представлені у таблиці 9.

Таблиця 9. Показники витрат нагріваючої речовини

Назва стадії	Зміна темпер. серед., °С		Маса серед., що нагрівається, кг	Теплоємність середовища, кДж/кг · К	Зміна темпер. рідини, °С		Витрата гарячого теплоносія, кг
	T_{M2}	T_{M1}			T_{B1}	T_{B2}	
Нормалізація	9	43	17690,4	3,978	55	40	38069,40
Гомогенізація	43	80	17690,4	3,978	82	69	43771,75
Пастеризація	80	87	17690,4	3,978	90	82	14688,9
Сквашування	18	25	18720	3,978	35	20	8293,99
Всього	–	–	–	–	–	–	104824,04

З рівняння теплового балансу визначимо витрати охолоджувача, представлені у таблиці 10:

$$G_{хол} = \frac{G_{гар} \cdot C_B \cdot (T_{B1} - T_{B2})}{C_M \cdot (T_{M1} - T_{M2})}$$

Таблиця 10. Показники витрат охолоджувача

Назва стадії	Зміна темпер. серед., °С		Маса серед., що охолоджується, кг	Теплоємність серед., кДж/кг · К	Зміна темпер. рідини, °С		Витрата охолодж., кг
	T _{М2}	T _{М1}			T _{В1}	T _{В2}	
Охолодження	87	18	17690,4	3,978	0	35	33110,78
Охолодження	25	20	18720	3,800	0	14	6063,42
Дозрівання	20	14	18720	3,800	0	12	8488,78
Охолодження	14	6	18720	3,800	0	4	33955,13
Всього	–	–	–	–	–	–	81618,11

Після проведення теплових розрахунків були визначені витрати теплоносіїв та охолоджуючих агентів. Витрата гарячого теплоносія становить 104824,04 кг, витрата охолоджувача – 81618,11 кг.

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Виробнича програма підприємства являє собою систему планових завдань, що визначають обсяг виготовлення продукції певної номенклатури та асортименту встановленої якості, а також надання послуг у межах визначеного календарного періоду [26].

Виробництво кефіру може здійснюватися безперервним або періодичним способом. Безперервний спосіб переважно застосовують за термостатного методу виробництва, тоді як періодичний – за резервуарного. Основні виробничі цехи підприємств молочної промисловості, як правило, функціонують у три зміни, окремі – у дві зміни. Для підприємств із безперервним режимом роботи ефективний фонд часу функціонування технологічного обладнання ($T_{\text{еф}}$) визначають за формулою ($T_{\text{еф}}$):

$$T_{\text{еф}} = (K - Z_{\text{пл}}) \times 3 \times t$$

де K – календарний фонд часу (365 днів);

$Z_{\text{пл}}$ – планові зупинки обладнання за рік, днів;

Z – кількість змін за добу;

t – тривалість зміни, год.

Для періодичного виробництва річний фонд часу роботи обладнання визначають за формулою:

$$T_{\text{еф}} = (K - Z_{\text{пл}} - C_{\text{в}} - B) \times 3 \times t,$$

$$T_{\text{еф}} = (365 - 14 - 8 - 102) \times 2 \times 8 = 3856 \text{ год}$$

де $C_{\text{в}}$ – кількість святкових днів за рік; B – кількість вихідних днів за рік.

Виробничу потужність цеху визначають за продуктивністю провідного обладнання відповідно до виразу:

$$M = A \times \Pi \times T_{\text{еф}},$$

де A – кількість однотипного ведучого обладнання;

Π – максимальна продуктивність обладнання (т/год, т/добу, шт./год, шт./добу і т.п.).

Плановий обсяг випуску продукції визначають із урахуванням коефіцієнта завантаження обладнання:

$$ВП = М \times K_3$$

$$ВП = 2892 \times 0,8 = 2313,6 \text{ т/рік}$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання ($K_3 = 0,8 - 0,95$).

Визначення потреби у сировині та основних матеріалах для виробництва 1 т кефіру, а також для річного випуску продукції, виконують на основі матеріального балансу. Результати наведені в таблиці 11.

Таблиця 11. Розрахунок вартості і потреби у сировині й матеріалах

Найменування	РВП, т	Питома норма витрат, т/т	Оптова ціна, грн/т	Потреба на РВП, од.	Витрати	
					На 1 т, грн	На РВП, тис. грн
Незбиране молоко	2313,6	0,797	10000	1843,46	7970	18439,4
Знежирене молоко		0,147	2000	340,01	294	680,02
Заквашувальний препарат		0,055	12000	127,22	660	1526,64
Всього		–	–	–	8924	20646,06

У процесі виробництва знежиреного молока додатково отримують кисломолочні вершки, реалізація яких дає змогу частково компенсувати виробничі витрати та знизити собівартість кефіру.

Розрахунок потреби в енергоресурсах та їх вартості наведено в таблиці 12.

Таблиця 12. Розрахунок вартості і потреба в енергоресурсах

Найменування	Норма витрат, од./т	РВП, т	Ціна, грн/од.	Потреба на РВП, тис. од.	Витрати	
					на 1 т, грн	на РВП, тис. грн
Електроенергія для виробничого обладнання, кВт·год.	155	2313,6	2,107	358608	326,59	755,59
Пар,	0,387		–	895,36	–	–
Вода, м ³	9		–	20822,4	–	–
Електроенергія, що витрачається на охолодження холодильником, кВт·год	116,3		2,107	269071,6	245,04	566,93
Всього енергоресурсів	–	–	–	–	571,63	1322,52

Використання системи рециркуляції води на підприємстві забезпечує можливість її багаторазового застосування у виробничому циклі, що сприяє скороченню експлуатаційних витрат.

Розрахунок чисельності промислово-виробничого персоналу та

річного фонду оплати праці.

Промислово-виробничий персонал охоплює працівників, задіяних безпосередньо у виробничому процесі, його обслуговуванні, роботі лабораторій, складів, охороні та управлінні підприємством [26]. Залежно від функціональних обов'язків персонал поділяють на робітників, керівників, спеціалістів і службовців.

Заробітна плата є формою грошової винагороди, що виплачується працівнику відповідно до умов трудового договору за виконану роботу [26]. Її структура включає основну та додаткову оплату праці, а також компенсаційні виплати.

Для визначення річного фонду оплати праці попередньо розраховують фонд робочого часу одного працівника (табл. 13).

Таблиця 13. Баланс робочого часу одного робітника

№	Показники	Робітники
1	Календарний фонд часу, дні	365
2	Кількість неробочих днів, у тому числі:	
	вихідні	100
	святкові	8
3	Номинальний фонд робочого часу, дні	257
4	Невиходу на роботу (дні), у тому числі:	
	чергові та додаткові відпустки	22
	навчальні відпустки	4
	тимчасова непрацездатність	9
	інші невиходи, дозволені законодавством (виконання державних обов'язків тощо)	1
5	Корисний фонд робочого часу, дні	221
6	Середня тривалість зміни, год.	8
7	Корисний фонд робочого часу в рік, год. , за умови 1 зміна в день	1768
8	Корисний фонд робочого часу (ФРЧ) в рік, год., за умови 2 зміни в день	3536

Розрахунок собівартості продукції та прибутку

Собівартість продукції характеризує сукупність поточних витрат підприємства на підготовку, виробництво та реалізацію продукції й є одним із ключових показників економічної ефективності виробництва. Результати калькуляції собівартості та визначення прибутку подано в таблиці 14.

Таблиця 14. Розрахунок собівартості продукції та прибутку

№	Статті калькуляції	Витрати	
		на 1 т продукції, грн	на річн. випуск, тис. грн
1	Сировина і основні матеріали	8924,00	20646,06
2	Допоміжні матеріали	892,40	2064,61
3	Паливно-енергетичні витрати	571,63	1322,52
4	Заробітна плата основних робітників	1034,15	2392,60
5	Відрахування на соціальні потреби	227,51	526,37
6	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	124,10	287,11
7	Загальновиробничі витрати	206,83	478,52
8	Виробнича собівартість	11980,62	27717,8
9	Адміністративно-управлінські витрати	1198,06	2771,8
10	Витрати на збут	718,84	1663,07
11	Повна собівартість	13897,52	32152,67
12	Рентабельність, %	12	12
13	Прибуток	1667,70	3858,32
14	Оптова ціна продукції	15565,22	36010,99
15	ПДВ, тис. грн.	3113,04	7202,20
16	Відпускна ціна з урахуванням ПДВ	18678,26	43213,18
17	Торгова націнка	3735,65	8642,64
18	Роздрібна ціна продукції	44823,91	51855,82
19	Роздрібна ціна 1 кг кефіру	44,82	

За результатами розрахунків роздрібна ціна 1 кг кефіру становить 44,82 грн. Навіть за умови зростання вартості молока з 10 до 14 грн за 1 дм³ прогнозована ціна продукції залишатиметься на рівні близько 30,65 грн, що забезпечує конкурентоспроможність продукції порівняно з аналогічними видами кефіру, представленими на ринку.

Отримані результати свідчать про економічну доцільність запропонованої технології виробництва біфідокефіру з використанням удосконаленої закваски. Впровадження розробленої технології у виробництво є обґрунтованим як з технологічної, так і з економічної точки зору.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. У процесі виконання роботи було досліджено біотехнологію виробництва кефіру із застосуванням біфідобактерій.
2. Як біологічні агенти розглянуто біфідобактерії виду *Bifidobacterium bifidum* та кефірний грибок, що являє собою складний симбіотичний комплекс мікроорганізмів. До його складу входять молочнокислі бактерії родів *Streptococcus* і *Lactobacillus*, бактерії виду *Leuconostoc mesenteroides*, оцтовокислі бактерії *Acetobacter aceti*, а також дріжджі штаму *Kluveromyces marxianus*. Охарактеризовано основні біохімічні процеси, зокрема гомоферментативне та гетероферментативне молочнокисле бродіння, спиртове й оцтовокисле бродіння.
3. Наведено характеристику технологічного процесу виробництва кефіру із використанням біфідобактерій, а також представлено технологічну та гідропневматичну схеми виробництва.
4. Як напрям удосконалення технології запропоновано використання нового складу поживного середовища для культивування біфідобактерій. Запропоноване рішення забезпечує зменшення посівної дози у 4–8 разів порівняно з аналогами, подовження терміну зберігання біфідокефіру до 3–5 діб без інактивації біфідобактерій, а також підвищення стійкості продукту до дії зовнішніх контамінуючих факторів.
5. Проведено розрахунок рецептури для виробництва 1 т кефіру. Відповідно до схеми підібрано технологічне обладнання, виконано розрахунок і наведено конструктивне зображення основного апарата — резервуара для сквашування об'ємом 6 м³.
6. Виконано розрахунок економічної ефективності виробництва. Встановлено, що собівартість 1 кг готового продукту становить 44,82 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Acetobacter_aceti [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/307969466/figure/fig10/AS:405534810361858@1473698441881/Morphology-of-A-pasteurianus-Ab3-taken-by-scanning-electron-microscopy.png>.
2. Agarbati, A., Ciani, M., Canonico, L., Galli, E., & Comitini, F. (2021). Exploitation of yeasts with probiotic traits for kefir production: Effectiveness of the microbial consortium. *Fermentation*, 8(1), 9.
3. Baars, T., van Esch, B., van Ooijen, L., Zhang, Z., Dekker, P., Boeren, S., ... & Kort, R. (2023). Raw milk kefir: microbiota, bioactive peptides, and immune modulation. *Food & Function*, 14(3), 1648-1661.
4. Bengoa, A. A., Dueñas, M. T., Prieto, A., Garrote, G. L., & Abraham, A. G. (2023). Exopolysaccharide-producing Lacticaseibacillus paracasei strains isolated from kefir as starter for functional dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1110177.
5. Bilal, M., Ji, L., Xu, Y., Xu, S., Lin, Y., Iqbal, H. M., & Cheng, H. (2022). Bioprospecting Kluyveromyces marxianus as a robust host for industrial biotechnology. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 10, 851768
6. Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2023). Therapeutic and dietary support for gastrointestinal tract using kefir as a nutraceutical beverage: Dairy-milk-based or pl
7. Düven, G., Kumcuoğlu, S., & Kışla, D. (2021). Ultrasonication-assisted kefir production and its effect on fermentation time and EPS production. *Food Bioscience*, 42, 101059.
8. Lactobacillus [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://im0-tub-ua.yandex.net/i?id=5ef712c01faa3829654d85730572c2c5&n=13>.
9. Lactococcus_lactis [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <https://victormms2.files.wordpress.com/2018/09/4f3cb-lactococcus2b lactis.jpg>.

10. Laureys, D., & De Vuyst, L. (2017). The water kefir grain inoculum determines the characteristics of the resulting water kefir fermentation process. *Journal of applied microbiology*, 122(3), 719-732.
11. *Leuconostoc_mesenteroides* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gastroscan.ru/handbook/images-oth/leuconostoc-mesenteroides-01.jpg>.
12. *Pichia* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://alchetron.com/cdn/pichia-stipitis-775a3b9f-a8b6-427d-b44a-8c7b893c30c-resize-750.jpeg>.
13. *Saccharomyces* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Saccharomyces_cerevisiae
14. Sarkar, S. (2008). Biotechnological innovations in kefir production: a review. *British food journal*, 110(3), 283-295.
15. *Streptococcus_thermophilus* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mysticalbiotech.com/wp-content/uploads/2016/07/Streptococcus-thermophilus-1.jpg>.
16. Treatment of lactose by fermentation: Production process on beta-galactosidase using *Kluuveromyces marxianus* isolated from kefir grains
17. ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті. – Введ. 20.09.2001 – К.: МОЗ України, 2001.
18. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. –Введ. 2018 – 01 – 01. – К. : ДП „УкрНДНЦ, 2018.
19. ДСТУ 4273:2015. Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови. –Введ. 2018 – 04 – 08. – К. : ДП „УкрНДНЦ, 2015.
20. ДСТУ 4417:2005. Кефір. Загальні технічні умови. – Введ. 2005 – 12 –28. – К. : ДП „УкрНДНЦ, 2005.
21. Кефір: сучасний погляд на мікрофлору та технологію [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/19678/1/kefir.pdf>.

22. Леочко, А. В., & Полевада, Ю. А. Інтенсифікація процесу бродіння в переробному виробництві.
23. Литвиненко, А. С., Двінських, Н. В., & Двинских, Н. В. (2019). Вибір посівного матеріалу для виготовлення напоїв спиртового бродіння.
24. Масалітіна, Н. Ю., & Бригаднова, Д. О. (2019). Біотехнологія виробництва препаратів на основі трансгенних рослин. *ДО 15-Ї РІЧНИЦІ ЗАСНУВАННЯ КАФЕДРИ БІОТЕХНОЛОГІЇ*, 308.
25. Медико-біологічні вимоги і санітарні норми [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89#Text>.
26. Методичні вказівки до виконання техніко-економічного обґрунтування дипломних проектів за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / уклад. М. О. Попов, В. Ю. Верютіна, Н. М. Дьякова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – 15 с.
27. Назаренко, В. О., & Голега, М. М. ОСОБЛИВОСТІ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЯКІСТЬ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ. *Програмний комітет*, 74.
28. Рацук, М. Є., Юрова, Т. А., & Нюнькіна, А. В. (2024). ФУНКЦІОНАЛЬНІ КИСЛОМОЛОЧНІ ПРОДУКТИ З РОСЛИННИМИ КЛІТКОВИНАМИ. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (40), 45-50.
29. Рацук, М. Є., Юрова, Т. А., & Нюнькіна, А. В. (2024). ФУНКЦІОНАЛЬНІ КИСЛОМОЛОЧНІ ПРОДУКТИ З РОСЛИННИМИ КЛІТКОВИНАМИ. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (40), 45-50.
30. Рижкова, Т. М., Даниленко, С. Г., Бондарчук, В. В., Лисенко, Г. Л., Гейда, І. М., & Боднарчук, І. М. (2025). КИСЛОМОЛОЧНИЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВІ КЕФІРУ З ДОДАВАННЯМ ЖУРАВЛИНИ. *Здоров'я людини і нації*, 3(3), 110-121.
31. Руда, Д. С., & Гейдеріх, О. Г. (2024). Використання процесів бродіння в різних галузях промисловості.

32. Сенишин, О. С., & Дзюбенко, Н. О. (2013). Перспективи розвитку молочної галузі в Україні. Вісник Одеського національного університету. Економіка, (18, Вип. 1), 189-197.
33. Соколов, К. С., Кюрчев, С. В., & Кюрчев, С. В. (2018). Бродіння тіста.
34. Соловйова, Ю., Антонова, О., & Манич, Н. (2022). Національно виразні елементи у редизайні упаковки українських товарів на прикладі молочної продукції. *Економіка та суспільство*, (46).
35. Спосіб отримання біфідовмісних препаратів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ea/d8/09/e6096bd1f78bb6/RU2104706C1.pdf>.