

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

“ _____ ” _____ 2024 р.

Рекомендувати до захисту

В.о. зав. кафедри _____ Олена КАРАТЄЄВА

“ _____ ” _____ 2024 р.

ОДЕРЖАННЯ ЗАКВАШУВАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА КЕФІРУ

04.02. – КР. 67-О. 24 05 20. 007

Виконавець:

Здобувач вищої

освіти IV курсу _____ Олександр ЛОЗІНСЬКИЙ

Науковий керівник:

професор _____ Віктор СТАБНИКОВ

Рецензент:

професор _____ Михайло ГИЛЬ

Миколаїв – 2024

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.2. Шляхи одержання пребіотиків для їх використання в складі кефіру	7
1.3. Корисні метаболіти, що синтезуються мікроорганізмами в складі кефіру	14
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ	17
2.1. Місце та об'єкт дослідження	17
2.2. Методика виконання роботи	18
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
3.1. Аналіз ринку готової кефірної продукції та заквасок, для його виробництва	23
3.2. Вибір біологічного агенту для виробництва безлактозного кефіру	31
3.3. Контроль показників якості безлактозного кефіру	36
3.3.1. Мікробіологічний контроль безлактозного кефіру	36
3.3.2. Хімічний контроль безлактозного кефіру	40
3.3.3. Визначення органолептичних показників безлактозного кефіру	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	46
ВИСНОВКИ	50
ПРОПОЗИЦІЇ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційну роботу виконано в об'єму 56 сторінок друкованого тексту, з використанням 37 бібліографічних джерел спеціальної, додаткової літератури та періодичних видань. До роботи внесено 9 таблиць та 1 рисунок.

Тема дипломної роботи: «Одержання заквашувальної композиції для виробництва кефіру».

Об'єкт досліджень – процес виробництва кефіру, його біохімічні та мікробіологічні показники.

Предмет досліджень – аналіз ступеня впливу виду закваски на характеристики кефіру

Мета досліджень – визначити біологічні агенти для виробництва функціональної сметани шляхом вибору пробіотичних штамів з різномантними пробіотичними ефектами.

Для виконання мети були поставлені наступні завдання:

1. Виконати аналіз ринку готового кефіру, а також заквашувальних композицій для його виробництва
2. Оцінити тенденції ринку, визначивши потенційний його розвиток в майбутньому задля визначення потреби в біотехнологічному виробництві закваски з біологічним агентом з високою галактозидазною активністю для створення безлактозного кефіру.
3. Обрати біологічний агент з високою галактозидазною активністю для виробництва закваски для безлактозного кефіру
4. Оцінити готовий продукт за біохімічними, органлептичними та мікробіологічними показниками.

Методи дослідження – загальноприйняті стандартні біохімічні та мікробіологічні методи та метод порівняльного аналізу.

ВСТУП

Кефір – це традиційний ферментований молочний продукт, що має багатовікову історію вживання в багатьох культурах. Його особливість полягає в унікальному наборі корисних мікроорганізмів, які благотворно впливають на здоров'я людини. В Україні кефір є невід'ємною частиною харчової культури, і його популярність продовжує зростати завдяки численним дослідженням, які підтверджують його позитивний вплив на організм [8].

Основні переваги кефіру включають поліпшення травлення, зміцнення імунної системи та підтримку здорового мікробіому кишківника. Кефір містить пробіотики – живі мікроорганізми, які сприяють зростанню корисних бактерій у травному тракті. Це допомагає запобігати дисбактеріозу, покращує всмоктування поживних речовин та знижує ризик розвитку багатьох захворювань. Також кефір багатий на вітаміни та мінерали, зокрема кальцій, вітамін D, вітаміни групи B, які необхідні для підтримки загального здоров'я [8].

Кефір є багатим джерелом не лише пробіотиків, але й пребіотиків. Пребіотики – це компоненти їжі, які не перетравлюються в шлунково-кишковому тракті людини, але слугують живленням для корисних мікроорганізмів, сприяючи їх росту та активності. Вони є невід'ємною складовою збалансованої дієти, оскільки допомагають підтримувати здоровий мікробіом кишківника [8].

Пребіотики – це тип харчових волокон, які не перетравлюються ферментами шлунково-кишкового тракту людини. Вони проходять через верхні відділи травного тракту в незмінному вигляді і досягають товстої кишки, де стають живленням для корисних бактерій, таких як біфідобактерії та лактобактерії. Найпоширеніші пребіотики включають інулін, фруктоолігосахариди та галактоолігосахариди [10].

Останніми роками ринок кефіру в Україні демонструє стабільне зростання. Виробники відповідають на цей попит, розширюючи асортимент продукції. На полицях магазинів з'являються кефіри з різними добавками, наприклад, фруктами, злаками та суперфудами, що робить цей продукт ще більш привабливим для різних категорій споживачів [7].

Крім того, спостерігається тенденція до виробництва органічного кефіру, виготовленого з молока від корів, які пасуться на екологічно чистих луках і не отримують штучних добавок чи гормонів. Це відповідає світовим трендам і сприяє зростанню експортного потенціалу українських виробників кефіру [8].

Важливість безлактозних продуктів полягає в тому, що вони дозволяють споживачам з непереносимістю лактози або лактозною недостатністю насолоджуватися молочними продуктами без негативних наслідків для здоров'я. Непереносимість лактози може призводити до різних травматичних станів кишкової системи, таких як відчуття тяжкості, болі та розлади **стілця**. Безлактозні продукти дозволяють уникнути цих проблем і сприяють здоровому функціонуванню **кишкової системи** [9].

Тема користі кефіру та розвитку його ринку в Україні є надзвичайно актуальною в контексті сучасних тенденцій до здорового харчування та зміцнення імунітету. Особливо це стало важливим у світлі останніх глобальних подій, таких як пандемія COVID-19, коли питання здоров'я вийшли на перший план. Кефір, як доступний та корисний продукт, може відігравати значну роль у щоденному раціоні, сприяючи поліпшенню загального самопочуття населення. Для виробників молочних продуктів важливо мати в асортименті безлактозні версії своїх товарів. Це дозволяє розширити аудиторію споживачів [9].

Таким чином, дослідження властивостей кефіру та аналіз тенденцій його споживання в Україні не лише підкреслюють важливість цього продукту, але й допомагають зрозуміти, як виробники можуть задовольнити зростаючий попит на здорові та якісні продукти харчування.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Характеристика кефіру, як цінного кисломолочного продукту

Кефір – це ферментований молочний продукт, який походить з гір Кавказу. Він виготовляється шляхом ферментації молока за допомогою кефірних грибків, які складаються з симбіотичної культури бактерій та дріжджів. Кефір відомий своїми численними корисними властивостями та є невід'ємною частиною раціону багатьох людей у різних частинах світу [8].

Склад кефіру:

1. Молочні компоненти [8]:

- Лактоза (молочний цукор) частково ферментується, що знижує її вміст у кінцевому продукті.
- Казеїн та сироваткові білки, які легко засвоюються організмом.
- Містить молочний жир, але може бути знежиреним або маложирним.

2. Мікроорганізми:

Склад кефірних зерен завжди є різним та відрізняється в кожного виробника. Але узагальнено приведено наступний бактеріальний склад: *Lactobacillus kefir*, *L. helveticus*, *L. brevis*, *L. casei*, *L. plantarum*, *Streptococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Acetobacter aceti*; та дріжджовий: *Candida kefir*, *Kluuveromyces marxianus*, *Saccharomyces lactis* *S. cerevisiae* та *S. fragilis*. Нерідко до складу додають біфідобактерії. Дріжджі сприяють утворенню вуглекислого газу та невеликої кількості алкоголю, що додає кефіру характерну шипучість [28].

3. Інші компоненти [8]:

- Вітаміни групи В (В1, В2, В6, В12), вітамін К, вітамін D.
- Мінерали у вигляді кальцію, магнію, фосфору, калію та ін.

- Органічні кислоти, такі як молочна кислота, оцтова кислота, пропіонова кислота.
- Полісахариди – кефіран, який має пребіотичні властивості та інші.

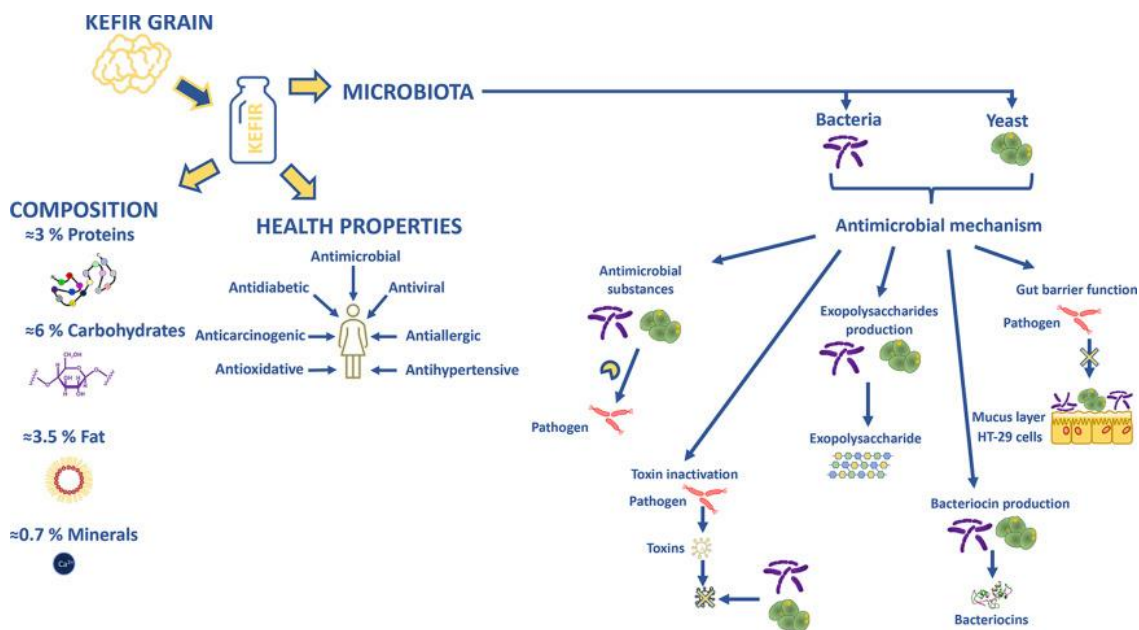


Рис. 1. Графічне зображення користі кефіру для здоров'я, мікробіоти цього продукту та їхніх антимікробних властивостей [21]

Харчова цінність кефіру (на 100 мл) [8]

Калорії: близько 60-70 ккал (залежно від жирності молока).

Білки: 3-4 г.

Жири: 3-4 г (у знежиреному кефірі менше 0.5 г).

Вуглеводи: 4-5 г (включаючи лактозу).

Кальцій: приблизно 120 мг.

Вітаміни та мінерали: різноманітні вітаміни групи В, вітамін D, кальцій, магній, калій.

Кефір має також позитивні аспекти на здоров'я людини. В першу чергу при вживанні кефіру спостерігається поліпшення травлення. Кефір містить пробіотики, які підтримують здоровий баланс мікрофлори кишківника, сприяючи поліпшенню травлення та запобігаючи дисбактеріозу. Молочна кислота, яка утворюється під час ферментації, поліпшує кислотність шлунку та сприяє розщепленню білків [8].

Також, споживання кефіру призводить до підтримки імунної системи. Пробиотики в кефірі можуть стимулювати імунну відповідь та допомагати організму боротися з інфекціями. Вітамін D та інші поживні речовини сприяють зміцненню імунітету. Крім того, варто зауважити, що високий вміст кальцію та вітаміну D сприяє зміцненню кісток та запобіганню остеопорозу [8].

Деякі дослідження показують, що пробиотики можуть сприяти покращенню стану шкіри та зменшенню запальних процесів. Також, кефір може допомагати знижувати рівень холестерину та кров'яного тиску, що сприяє зменшенню ризику серцево-судинних захворювань. Кефір містить природні антимікробні речовини, які можуть боротися з патогенними бактеріями. Завдяки ферментації, лактоза в кефірі розщеплюється на більш прості цукри, що робить його більш доступним для людей з непереносимістю лактози.

Кефір з пребіотиками – це поєднання двох потужних компонентів, які разом можуть значно підвищити користь для здоров'я. Поєднання пробиотиків, які природно містяться в кефірі, з додатковими пребіотиками створює синбіотичний продукт, що забезпечує більш повноцінну підтримку мікробіому **кишківника** [8, 10].

Пребіотики – це не перетравлювані харчові компоненти, які вибірково стимулюють ріст та активність корисних бактерій у товстій кишці. Вони є "їжею" для пробиотиків, сприяючи їх розмноженню та функціонуванню. Пребіотики допомагають покращити здоров'я кишківника, імунітет та загальний стан організму. Напопулярнішими пребіотиками, які можуть додаватись до кефіру є інулін, фруктоолігосахариди, галактоолігосахариди, а також ксилоолігосахариди. Також, існують й інші пребіотики, але вони менш популярні [10].

1.2. Шляхи одержання пребіотиків для їх використання в складі кефіру

Основним джерелом олігосахаридів, зазвичай, є рослинна сировина. Пребіотики стійкі до гідролітичної дії кишкових ферментів, але піддаються зброджуванню кишковими мікроорганізмами і, отже, сприяють росту корисних біологічних агентів, таких як *Bifidobacterium* sp. і *Lactobacillus* sp.. Бактерії товстої кишки ферментують ці неперетравлювані харчові вуглеводи, виробляючи широкий спектр метаболітів у кишківнику, наприклад, коротколанцюгові жирні кислоти. Леткі коротколанцюгові (1–6 вуглеців), прямі або розгалужені жирні кислоти мають вирішальний фізіологічний вплив, наприклад, супутнє зниження люмінального рН, що пригнічує ріст патогенних мікроорганізмів, покращує імунну відповідь хазяїна та впливає на взаємодії бактеріального перехресного живлення [33].

В таблиці 1 показано природні джерела одержання олігосахаридів, що можна використати при виробництві кефіру.

Таблиця 1

Природні джерела олігосахаридів [33]

Олігосахарид	Джерело виділення
Фруктоолігосахарид	Спаржа, цукровий буряк, часник, цикорій, цибуля, артишок, пшениця, мед, банан, ячмінь, помідори та жито
Галактозилсахароза	Соя та інші бобові
Олігосахариди рафінозного типу (рафіноза, стахіоза та вербаскоза)	
Ксилоолігосахариди	Пагони бамбука, лушпиння, соломка та качани кукурудзи
Галактоолігосахариди	Молоко
Ізомальтулоза	Мед, сік цукрової тростини та харчова патока
Пектин	Цедра цитрусових, яблучні вичавки або цукровий буряк
Інулін та фруктани	Цикорій, агава

Проте, деякі олігосахариди можна синтезувати також і біотехнологічним шляхом. До таких, в першу чергу, відносяться фруктоолігосахариди. На синтезу цього сахариду впливає фермент β -фруктофуранозидаза. Висока активність цього ферменту притаманна для *Aureobasidium melanogenum* 11–1, а його активність становила $281,7 \pm 7,1$ Од/мл. При культивуванні даного біологічного агента на середовищі з сахарозою, вміст фруктоолігосахаридів в культуральній рідині становив 0,66 г/г сахарози [12].

A. melanogenum P16 здатен не лише до синтезу фруктоолігосахаридів, а й пулулану. Пулулан – це водорозчинний полісахарид, що складається з α -(1 \rightarrow 4)- та α -(1 \rightarrow 6)-зв'язків між мономерами глюкози. Пулулан широко використовується в харчовій промисловості завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока розчинність у воді, здатність утворювати плівки та безпечність для споживання. Для кефіру використання пулулану може призвести до покращення текстури та консистенції, стабілізувати пробіотики, виконувати захисну дію від окиснення, поліпшувати органолептичні показники та підвищувати харчову цінність. Найбільша концентрація пулулану, яку вдалось досягти – $77,0 \pm 2,6$ г/л, при цьому концентрація фруктоолігосахаридів становила $6,2 \pm 0,5$ г/л [16].

Також, здатність до синтезу фруктоолігосахаридів мають і молочнокислі бактерії. *Leuconostoc mesenteroides* MTCC10508 використовуючи сахарозу як джерело вуглецю, синтезує близько 2 г/л зазначених сахаридів. Крім того, під час культивування на цьому ж середовищі синтезується леван в концентрації 31 г/л. Леван – це фруктан, який складається з молекул фруктози, з'єднаних β -(2,6)-глікозидними зв'язками. Леван має численні застосування в харчовій промисловості завдяки своїм пребіотичним властивостям та позитивному впливу на здоров'я. Він має подібні ефекти на виробництво кефіру, що й пулулан [22].

Інулін також можна синтезувати за допомогою молочнокислих бактерій. *L. gasseri* DSM 20604 може синтезувати до 53 г/л інуліну, використовуючи середовище з вмістом сахарози до 500 г/л. Така

продукувальна здатність пояснюється високою активністю інулінцукрази. Відзначається велика кількість молочнокислих бактерій, для яких притаманна ця ж сама характеристика, а отже, є можливість для синтезу інуліну [29]. В іншому дослідженні за допомогою *L. gasseri* DSM 20604 вдалось одержати 401 ± 7 г/л інуліну, використовуючи 800 г/л сахарози [35].

За допомогою культивування *L. jensenii* JV-V16 вдається досягти ще більшої концентрації інуліну. Використовуючи виробниче середовище на основі сахарози, в якому міститься 600 г/л цього компонента (дробне внесення), концентрація інуліну складає 278,4 г/л [30].

Ксилоолігосахариди синтезуються під дією ксиланаз. Ці сахариди також можна одержати з лігноцелюлолізованих сільськогосподарських відходів. Жом, кукурудзяний качан, пшеничні висівки та шкаралупа арахісу використовувалися як джерела вуглецю для виробництва ксиланолітичних ферментів з *Thermobifida fusca* NTU22. Максимальна активність неочищеної ксиланози в культуральній рідині становила 14 Од/мл. Концентрація ксилоолігосахаридів становила близько 8 г/л [36].

Ці ж олігосахариди можуть синтезувати деякі молочнокислі бактерії. Наприклад, *W. cibaria* FB069 синтезує ксилоолігосахариди під дією β -ксилозидази. Використовуючи МРС середовище з вмістом 5 г/л рисової соломи вдається одержати близько 0,66 г/л олігосахаридів [26].

Використовуючи різні агропромислові відходи можна одержати ксилоолігосахариди за допомогою ксилолітичних ферментів *Scytalidium thermophilum*. Гриб добре розкладає кукурудзяні качани, пшеничні висівки, стебла бавовнику, шкаралупу насіння та стебла соняшнику. Концентрація становила 23,79 г/л ксилоолігосахаридів, які були в загальному представлені ксилозою та кселобіозою [25].

Галактоолігосахариди зазвичай одержуються за допомогою β -галактозидази. Зазначимо, що наявність цього ферменту в молочнокислих бактеріях говорить про наявність однієї з найважливіших пробіотичних властивостей. Цей фермент є ключовим для перетравлення лактози, особливо

у дорослих, які можуть мати знижений рівень ендогенної лактози. Вживання пробіотиків з β -галактозидазою допомагає зменшити симптоми, такі як здуття, діарея та абдомінальний біль, пов'язані з лактозною непереносимістю. Пробіотики з β -галактозидазою можуть стимулювати імунну систему, підвищуючи рівень імуноглобулінів та інших імунних факторів. Багато пробіотичних йогуртів, кефірів та інших ферментованих молочних продуктів містять β -галактозидазу.

До синтезу галактоолігосахаридів здатні такі мікроорганізми, як *L. plantarum* CICC 22186 та *K. lactis* 1772. Останній біологічний агент дозволяє одержати близько 75 г/л таких речовин, при культивуванні на середовищі MРС з використанням лактози, як основного джерела вуглецю [37].

Синтез таких олігосахаридів є поширеною характеристикою молочнокислих бактерій, що дозволяє використати їх потенціал в розробці закваски для кефіру з вмістом пробіотиків. Також, до синтезу галактоолігосахаридів здатен штам *Bifidobacterium bifidum* Saphera. При наявності в середовищі 400 г/л лактози синтезується близько 102,2 г/л галактоолігосахаридів [19].

При синтезі шляхом галактоолігосахаридів культивування *L. plantarum* WCFS1 MeIA залучається фермент α -галактозидаза. При культивуванні на MРС середовищі синтезується щонайменше 2 галактоолігосахариди концентрацією перевищуючою 25 г/л [17].

Більш детальніша інформація стосовно біосинтезу пребіотиків наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Одержання пребіотиків шляхом культивування різних продуцентів

Олігосахарид	Біологічний агент	Склад поживного середовища, г/л	Концентрація олігосахариду, г/л	Джерело
Фрукто-олігосахариди	<i>A. melanogenum</i> 11-1	Сахароза – 180, Дріжджовий екстракт – 20, KH ₂ PO ₄ ·3H ₂ O - 5, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 2, NaNO ₃ – 15	118,8	[12]

Фрукто- олігосахариди	<i>L. mesenteroides</i> MTCC10508	Пептон - 10, Дріжджовий екстракт - 5, Сахароза – 100, Ацетат натрію – 5, Твін-80 -1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,01, NaCl – 0,01, CaCl ₂ ·2H ₂ O – 0,02	2	[22]
Інулін	<i>L. gasserii</i> DSM 20604	Дріжджовий екстракт – 5, Триптон – 10, NaCl – 5, Сахароза - 500	53	[29]
		Дріжджовий екстракт – 5, Триптон – 10, NaCl – 5, Сахароза - 800	401±7	[35]
	<i>L. jensenii</i> JV-V16	Дріжджовий екстракт – 5, Триптон – 10, NaCl – 5, Сахароза - 600	278,4	[30]
Ксилоолігосахариди	<i>Thermobifida fusca</i> NTU22	Дріжджовий екстракт – 2, Казаїнові кислоти – 6, Лінгоцелюлоза - 20	8	[36]
	<i>W. cibaria</i> FB069	Дріжджовий екстракт - 5, Гідролізат рисової соломи – 5, Ацетат натрію – 5, Твін-80 -1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,1, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,05, (NH ₄) ₂ SO ₄ – 2	0,66	[26]
	<i>S. thermophilum</i> ATCC 16454	Кукурудзяний качан – 30, дріжджовий екстракт – 4, K ₂ HPO ₄ – 1, MgSO ₄ ·7H ₂ O - 0,5, CuSO ₄ - 0,1.	23,79	[25]

Галакто- олігосахариди	<i>K. lactis</i> 1772	Дріжджовий екстракт – 10, Пептон – 20, Лактоза - 400	75	[37]
	<i>L. plantarum</i> WCFS1 MelA	Пептон - 10, Дріжджовий екстракт - 5, Сахароза – 100, Ацетат натрію – 5, Твін-80 -1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,01, NaCl – 0,01, CaCl ₂ ·2H ₂ O – 0,02	Більше 50	[17]
	<i>B. bifidum</i> Saphera	Пептон - 10, Дріжджовий екстракт - 5, Сахароза – 400, Ацетат натрію – 5, Твін-80 -1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,01, NaCl – 0,01, CaCl ₂ ·2H ₂ O – 0,02	107,2	[19]

1.3. Корисні метаболіти, що синтезуються мікроорганізмами в складі кефіру

L. kefir – це вид молочнокислих бактерій, які є важливими мікроорганізмами, що входять до складу кефіру. Вони мають значний вплив на властивості та користь цього традиційного ферментованого напою. Ця бактерія виробляє різноманітні біоактивні сполуки, включаючи екзополісахариди, бактеріоцини, вітаміни та антиоксиданти, які сприяють покращенню стану здоров'ю. Наприклад, штам *L. kefir* CIDCA 8348 синтезує антимікробні сполуки, які дозволяють інгібувати бактеріальні форми як грампозитивної так і грамнегативної природи [14]. *L. kefir* MSR101 синтезує екзополісахариди, які мають протиракові властивості, в особливості проти раку товстої кишки [32].

L. mesenteroides – це грампозитивна, факультативно анаеробна молочнокисла бактерія, яка є важливим мікроорганізмом, що входить до складу кефіру. *L. mesenteroides* здійснює гетероферментативне бродіння, утворюючи молочну кислоту, етанол, вуглекислий газ та інші продукти. Це надає кефіру його характерний смак і текстуру. Продукує екзополісахариди, такі як декстрини, які покращують текстуру кефіру, роблячи його більш густим і кремовим. Екзополісахариди, вироблені *L. mesenteroides*, мають пребіотичний ефект, сприяючи росту корисних бактерій у кишківнику. Можуть виробляти бактеріоцини. *L. mesenteroides* В1 синтезують екзополісахариди, що містять мономери фруктози та глюкози [23]. *L. mesenteroides* КСТС 13374 здатні до синтезу похідних амінокислот з антиоксидантними властивостями [27].

K. marxianus – це вид дріжджів, який часто зустрічається в складі кефіру та інших ферментованих молочних продуктів. *K. marxianus* здатен ферментувати лактозу, перетворюючи її на етанол і вуглекислий газ. Це сприяє зниженню вмісту лактози в кінцевому продукті, що робить його більш прийнятним для людей з лактозною непереносимістю. *K. marxianus* виробляє різноманітні ароматичні сполуки, такі як естери та альдегіди, які надають кефіру його характерний смак і аромат. *K. marxianus* CBS 5670 ароматичні похідні амінокислот фенілаланіну та тирозину [35].

K. lactis (синонім *S. lactis*) – це вид дріжджів, який часто використовується в молочній промисловості та входить до складу кефіру. Вони мають подібну характеристику, як і в *K. marxianus*. *K. lactis* var. *lactis* виділений з молочної сироватки здатен до синтезу не лише ароматичних сполук, а й ферменту β -галактозидази. Цей фермент широко використовується у виробництві лактозо-знижуваних і безлактозних молочних продуктів, що робить молочні продукти доступними для людей з лактозною непереносимістю [31].

В таблиці продемонстровані можливості мікроорганізмів, що використовуються для виробництва кефіру, до синтезу корисних речовин.

Таблиця 3

Біосинтез цінних метаболітів мікроорганізмами, що входять до складу кефіру та їх роль

Біологічний агент	Склад поживного середовище, г/л	Умови біосинтезу	Метаболіти, що синтезуються	Характеристика метаболіту	Джерело
<i>L. kefir</i> CIDCA 8348	Пептон - 10, Дріжджовий екстракт - 5, Глюкоза – 20,	48 год, 37 °С	Бактеріоцини	Активні проти <i>Pseudomona aeruginosa</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	[14]
<i>L. mesenteroides</i> B1	Ацетат натрію – 5, Твін-80 - 1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,01, NaCl – 0,01, CaCl ₂ ·2H ₂ O – 0,02	24 год, 30 °С	Екзо-полісахариди	Полісахарид складається з мономерів глюкози та фруктози. В молочнокислих продуктах вони можуть виступати підсолоджувачами, а також стабілізаторами.	[23]
<i>L. mesenteroides</i> KCTC 13374		48 год, 30 °С, сатичні умови	Похідні амінокислот	Похідні тирозину, типтофану та фенілаланіну. Відносяться до ароматичних сполук. Мають антиоксидантні властивості	[27]
<i>L. kefir</i> MSR101	Пептон - 10, Дріжджовий екстракт - 5, Сахароза – 40, Ацетат натрію – 5, Твін-80 -1, K ₂ HPO ₄ – 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,2, MnSO ₄ ·4H ₂ O- 0,01, NaCl – 0,01, CaCl ₂ ·2H ₂ O – 0,02	48 год, 37 °С, анаеробні умови	Екзо-полісахариди	Полісахарид складається з мономерів глюкози та галактози. В молочнокислих продуктах вони можуть виступати підсолоджувачами, а також стабілізаторами. Мають активність проти клітинних ліній раку товстої кишки.	[32]
<i>K. marxianus</i> CBS 5670	Глюкоза – 77, Фенілаланін – 7, MgSO ₄ ·7H ₂ O – 0,7, Азотиста основа дріжджів без амінокислот – 1,7, KH ₂ PO ₄ – 5, K ₂ HPO ₄ – 0,64	40 год, 40 °С, 500 об/хв	Похідні амінокислот	Похідні тирозину та фенілаланіну. Відносяться до ароматичних сполук.	[35]
<i>K. lactis</i> var. <i>lactis</i> виділений з молочної сироватки	Цитрат натрію - 4, основа – сироватковий пермеат замість води	24 год, 30 °С, 200 об/хв	Ферменти	β-галактозидаза, що використовується у виробництві лактозо-знижуваних і безлактозних молочних продуктів	[31]

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ, УМОВИ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Місце та об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є кефір – традиційний ферментований молочний продукт, відомий своїми унікальними властивостями та численними корисними ефектами для здоров'я. Дослідження кефіру охоплює вивчення його складу, процесів ферментації, пробіотичних властивостей, впливу на організм людини, а також ринкових тенденцій і споживчих вподобань.

Завданням до даної роботи є наступні пункти:

1. Оцінка ринку готового кефіру

- Дослідити обсяг виробництва та споживання готового кефіру в Україні та світі.
- Оцінити динаміку росту ринку за останні кілька років.
- Визначити основних виробників та їх частки на ринку.
- Визначити потенційні тенденції ринку для розробки відповідного якісного продукту

2. Оцінка ринку заквашувальних композицій для кефіру

- Дослідити різноманітність заквашувальних композицій, що доступні на ринку (традиційні, з додаванням пребіотиків, зниженою лактозою тощо).
- Визначити основних постачальників заквасок та їх частки на ринку.
- Визначити можливості для інновацій у заквашувальних композиціях.

3. Визначення проблеми непереносимості лактози

- Визначити рівень поширеності лактозної непереносимості серед населення України та інших країн.

- Оцінити вплив лактозної непереносимості на споживання молочних продуктів, зокрема кефіру.
- При аналізі готової кефірної продукції та заквасок звернути увагу саме на ті, що пропонують виготовлення кефіру з низьким вмістом лактози.

4. Визначити компонентний склад кефіру:

- Аналіз складу кефіру. Визначити основні мікробні компоненти сметани.
- Обрати біологічних агентів для створення кефіру з низьким вмістом лактози, опираючись на активність β -галактозидази.
- Визначення якості продукту. Оцінити основні показники якості кефіру, такі як кислотність, консистенція, смак, запах та мікробіологічна чистота.

Реалізація цих завдань дозволить комплексно оцінити ринок готового кефіру та заквашувальних композицій, виявити тенденції та проблеми, зокрема, пов'язані з лактозною непереносимістю, а також розробити практичні рекомендації для покращення ситуації на ринку та задоволення потреб споживачів.

2.2. Методика виконання роботи

Для виконання завдань, пов'язаних з оцінкою ринку кефіру та заквашувальних композицій, а також визначення компонентного складу кефіру, буде використано кілька методик. Кожна з них спрямована на забезпечення надійних і точних результатів.

1. Оцінка ринку готового кефіру

Збір вторинних даних. Використання публікацій, звітів галузевих асоціацій, даних статистичних служб та маркетингових досліджень для збору інформації про обсяги виробництва та споживання кефіру.

Аналіз трендів. Вивчення трендів за останні кілька років, щоб зрозуміти динаміку ринку.

Трендовий аналіз. Використання статистичних методів для аналізу трендів у виробництві та споживанні кефіру за останні 5-10 років.

Аналіз ринкової частки. Вивчення звітів компаній, річних звітів або інших публічних документів для визначення ринкових часток основних виробників.

Дослідження інновацій. Аналіз нових продуктів на ринку, таких як кефір з додаванням пребіотиків або безлактозний кефір.

2. Оцінка ринку заквашувальних композицій для кефіру

Аналіз продукції. Вивчення асортименту заквашувальних композицій, що доступні на ринку, через аналіз пропозицій виробників.

Ринковий аналіз. Вивчення даних про основних постачальників заквасок та їх частки на ринку, використовуючи звіти та публікації.

Дослідження інноваційних тенденцій. Аналіз можливостей для інновацій у заквашувальних композиціях, таких як використання нових пробіотичних штамів або добавок.

3. Визначення проблеми непереносимості лактози

Аналіз статистичних даних. Вивчення даних про поширеність лактозної непереносимості серед населення України та інших країн.

Аналіз ринкових пропозицій. Вивчення наявних на ринку кефірних продуктів і заквасок, які пропонують виготовлення кефіру з низьким вмістом лактози.

4. Визначення компонентного складу кефіру

Вибір біологічних агентів для створення кефіру з низьким вмістом лактози.

Вивчення активності β -галактозидази. Оцінка активності β -галактозидази різних штамів молочнокислих бактерій та дріжджів, що використовуються в складі кефіру, та їх здатності до розщеплення лактози.

Оцінка показників якості. Проведення аналізу для оцінки таких показників як кислотність, консистенція, смак, запах та мікробіологічна чистота кефіру.

Хімічні показники якості кефіру

Основні хімічні показники кефіру та стандарти, за якими вони визначаються, включають наступне:

1. Жири (г/100 г продукту). Вміст жирів повинен бути в межах 2-3% для звичайного кефіру.
2. Білки (г/100 г продукту). Вміст білків зазвичай становить 2-3%.
3. Лактоза (г/100 г продукту). Вміст лактози в натуральному кефірі може коливатися від 3-5% і більше. Вміст лактози в безлактозному кефірі зазвичай також знижений порівняно зі звичайним кефіром, але все ж таки присутній в певних кількостях (від 0,01% до 0,1%).
4. Цукри (г/100 г продукту). Цукри, включаючи лактозу, мають бути вказані на етикетці продукту, але немає чіткої встановленої норми для їх вмісту в кефірі.
5. Кислотність (відносний рН). Зазвичай вимагається, щоб кефір мав кислотність у межах 4,0-4,6 одиниць рН.
6. Кальцій (мг/100 г продукту). Кефір зазвичай містить від 80 до 120 мг кальцію на 100 г продукту.
7. Фосфор (мг/100 г продукту). Вміст фосфору може коливатися, але зазвичай кефір містить близько 50-70 мг/100 г.
8. Калій (мг/100 г продукту). Концентрація калію в кефірі може бути від 100 до 150 мг/100 г.
9. Натрій (мг/100 г продукту). Зазвичай кефір містить приблизно 40-60 мг натрію на 100 г.

Приклади нормативних документів, які визначають стандарти для кефіру в Україні:

ДСТУ 4733:2007 "Кефір". У цьому стандарті встановлені вимоги до якості кефіру, включаючи склад, фізико-хімічні та органолептичні показники, мікробіологічні норми тощо.

ДСТУ 4274:2004. "Продукти молочні свіжі. Вимоги до маркування". Цей стандарт визначає вимоги до маркування продуктів, включаючи кефір, зокрема щодо зазначення складу, термінів придатності, виробника тощо.

ДСТУ ISO 7889:2018 "Молоко та молочні продукти. Метод визначення кислотності". Цей стандарт визначає методи визначення кислотності молочних продуктів, включаючи кефір, за допомогою рН-метрів та інших приладів.

ДСТУ ISO 4833-1:2008 "Мікробіологія їжі та кормів для тварин. Горизонтальний метод визначення числа загальної кількості мікроорганізмів". Цей стандарт встановлює методи визначення мікробіологічної чистоти продуктів харчування, включаючи кефір, за кількістю загальних мікроорганізмів.

Ці нормативні документи в Україні є важливими для виробників кефіру, оскільки вони встановлюють вимоги до якості, безпеки та маркування цього продукту. Дотримання цих стандартів допомагає забезпечити якість і безпеку споживачів.

ДСТУ 4733:2007 "Кефір" є нормативним документом, який встановлює вимоги до якості кефіру, включаючи фізико-хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники. Основні показники в цьому стандарті включають наступне:

Органолептичні показники:

Зовнішній вигляд: кефір повинен мати типовий вигляд для даного продукту, без чужорідних включень або видимих ознак порушень.

Колір: білий або слабо-зелений.

Запах: приємний, без ознак псування або посторонніх запахів.

Смак: приємний, без гіркоти або кислоти, типовий для кефіру.

Мікробіологічні показники:

Число бактерій молочної кислоти – не менше 10^6 КУО/мл.

Число дріжджів – не менше 10^4 КУО/мл.

Число патогенних мікроорганізмів (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *S. aureus*) – не допускається.

Ці показники визначаються за допомогою лабораторних методів, таких як мікробіологічний аналіз, рН-вимірювання, та інші методики для визначення складу тощо. Дотримання цих вимог забезпечує високу якість кефіру і безпеку для споживачів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз ринку готової кефірної продукції та заквасок, для його виробництва

Близько 66 компаній по всій Україні замаються виробництвом готового кефіру. Лише в Київській області представлено 15 виробників. Запит на кефір на світовому ринку зростає. Дані від Innova Marketing свідчать, що протягом останніх п'яти років глобальний обсяг продажів кефіру майже потроївся, а за останні 12 місяців було введено 140 нових брендів кефіру на ринку [2, 11].

В таблиці 4 наведено аналіз ринку кефіру Українських виробників з визначенням наявності безлактозного кефіру.

Таблиця 4

Виробники кефіру в Україні

Виробник	Торгова марка	Випуск класичного кефіру	Випуск безлактозного кефіру
Терра Фуд Груп, ТОВ	Ферма	Жирністю 1, 1,5, 2,5% в пластикових пляшках та пакетах	Не випускають
	Premiale	Жирністю 1, 2,5% в скляних пляшках	
	Біла лінія	Жирністю 1, 2,5% в пластикових пляшках та пакетах	
Данон Дніпро, ТОВ	Danone	Випускається поза Україною	Випускається поза Україною
	Активія		
	Просто наше	Жирністю 1, 2,5% в пластикових пляшках	
Молочний Альянс, ПрАТ	Яготинське	Жирністю 2,5% в пластикових пляшках, тетрапаках та пакетах	Жирністю 2,5% в пластикових пляшках

Продовж. табл. 4

Молочний Альянс, ПрАТ	Яготинське для дітей	Жирністю 3,2% в пластикових пляшках	Жирністю 3,2% в скляних пляшках	
	Пирятинь (Молочний шлях)	Жирністю 2,5, 3,2% в пакетах	Не випускають	
	Славія	Жирністю 1, 2,5% в пластикових пляшках та пакетах		
Вімм-Білл-Данн Україна, ПрАТ	Слов'яночка	Жирністю 1, 2,5% в пластикових пляшках та пакетах		
	Агуша	Жирністю 3,2% в пластикових пляшках та тетрапаках		
Мілкіленд-Україна, ТОВ	Добряна	Жирністю 0, 1, 2,5% в пакетах		Жирністю 2,5% в пластикових стаканчиках
	Latter	Не випускають		
Дообра ферма, ПП	Дообра ферма	Жирністю 3,5-4,5% в пластикових пляшках	Жирністю 3,5-4,5% в пластикових пляшках	
Лакталіс-Україна, ДчП	Лактонія	Жирністю 1, 2,5% в пластикових пляшках	Не випускають	
	Фанні	Жирністю 0,5, 2,5% в пакетах		
Фавор, ТОВ	А-МАМ	Жирністю 1, 2,5% в пакетах		
Обухівський молочний завод, ПрАТ	Лукавиця			
Кагма, ПрАТ	Кагма	Жирністю 1, 2,5% в пакетах, пластикових стаканчиках та тетрапаках		

Продовж. табл. 4

Люстдорф, фірма, ТОВ	Селянське	Жирністю 1, 2,5% в пакетах та тетрапаках	Не випускають
	На здоров'я	Не випускають	Жирністю 2,5% в тетрапаці
Придніпровський, комбінат, ПАТ	Злагода	Жирністю 1, 2,5, 3,2% в пластикових пляшках та пакетах	Не випускають
Криворізький міськмолкозавод N1, ПАТ	Смаковесенькі	Жирністю 1, 2,5% в пакетах	
Житомирський маслозавод, ПАТ	Рудь	Жирністю 1, 3,2% в пакетах	
Органік Мілк, ТОВ	Organic Milk	Жирністю 1, 2,5% пластикових пляшках	Жирністю 2,5% пластикових пляшках
Молочна компанія ГАЛИЧИНА, ТОВ	Галичина	Жирністю 0, 1, 2,5% пластикових пляшках	Не випускають
	Молочна родина	Жирністю 0, 2,5% в пластикових пляшках та пакетах	
	Мої корівки	Жирністю 1, 2,5% в пакетах	
Первомайський молочноконсервний комбінат, ТОВ	Формула смаку		
Лубенський молочний завод, ТОВ	Гармонія	Жирністю 0,1, 2,5% в пластикових пляшках, пакетах та тетрапаках	
Агропереробка, ВТП, ТОВ	Щедрик	Жирністю 2,5% в пакетах	

Радивилівмолоко, ТОВ	Мілкове	Жирністю 2,5% в пакетах	Не випускають
	Радимо	Жирністю 1, 2,5% в пакетах та пластикових пляшках	
Тернопільський молокозавод, ПрАТ	Молокія		
Нововодолазький молокозавод, ПрАТ	Зоряка	Жирністю 1, 2,5% в пакетах	
Куп'янський молочноконсервний комбінат, ПрАТ	Заріччя		
Богодухівський молзавод, ТОВ	Богодухівський молзавод		
С-Транс, ТОВ	Хуторок	Жирністю 0, 1, 2,5% в пакетах	
Деражнянський молочний завод, ТОВ	Деражня	Жирністю 0, 2,5% в пакетах	
Юрія, ПрАТ	Волошкове поле	Жирністю 1, 2,5% в пакетах, пластикових пляшках, стаканчиках та тетрапаках	Жирністю 2,5% в пластикових пляшках
Ічнянський завод сухого молока та масла, ПАТ	Молочний світ	Жирністю 0, 2,5% в пакетах	Не випускають

Примітка: Таблиця сформована автором з джерела [11]

З таблиці 4 можна зробити висновок, що лише деякі українські виробники виготовляють безлактозний кефір. До торгових марок відносяться «Волошкове поле», «Organic Milk», «На здоров'я», «Дообра ферма», «Latter», «Яготинське для дітей» та «Яготинське». Зазначена кількість виробників не може покрити повністю всю потребу в безлактозному кефірі, через поширеність проблеми людей по непереносимості лактози.

Щодо жирності кефіру, майже всі виробники виготовляють кефір 2,5-% жирності. По формам – популярні пластикові пляшки та м'які пакети. Середня популярність присуджується тетрапакам. Малу популярність мають кефіри, випущені в пластикових стаканчиках, а також в скляних пляшках.

Непереносимість лактози – це стан, коли організм не може розщепити лактозу, цукор, який міститься в молочних продуктах, через недостатню кількість ферменту лактази. Це може призводити до різних симптомів, таких як біль, відчуття вздуття, діарея та інші шлунково-кишкові проблеми [9].

Статистика непереносимості лактози в Україні варіюється в залежності від джерела та методології дослідження. Проте за загальноприйнятими оцінками, приблизно 30-40% населення України мають різні ступені непереносимості лактози. Цей показник може бути вищим серед деяких груп населення, таких як представники південних етнічних груп, але це потребує подальших наукових досліджень для підтвердження [9].

Важливість безлактозних кисломолочних продуктів полягає в наступному [9]:

- Забезпечення вибору для осіб з непереносимістю лактози. Безлактозні кисломолочні продукти дозволяють людям з цією проблемою споживати молочні продукти без дискомфорту.
- Розширення ринку молочних продуктів. Виробництво безлактозних варіантів кефіру, йогуртів та інших молочних продуктів розширює асортимент і ринок цих продуктів, забезпечуючи більший вибір для споживачів.
- Здоровий спосіб життя. Деякі люди обмежують споживання лактози з метою покращення здоров'я та дотримання дієти, і безлактозні молочні продукти є важливим елементом їх раціону.
- Медичні показники. Для осіб з лактозною непереносимістю, виробництво кисломолочних продуктів без цього цукру є медично обґрунтованим та сприяє покращенню якості життя.

Галактозидаза, яка є ферментом, відповідальна за розщеплення лактози – основного цукру у молочних продуктах, на прості компоненти: глюкозу і галактозу. Цей процес забезпечує можливість отримання безлактозних продуктів, які мають знижений вміст лактози або її відсутність, що робить їх більш доступними для людей з непереносимістю лактози. Введення

галактозидази в молочні продукти може покращити їх здатність до перетравлення для тих, хто має проблеми з лактозною непереносимістю. Це дозволяє людям з цією проблемою споживати молочні продукти без негативних наслідків для їх здоров'я та комфорту. Тому, при виборі біологічного агенту потрібно звертати увагу на показник активності даного ферменту.

Проблеми реалізації безлактозного кефіру, зокрема звернення на вищу вартість, можуть бути визначені декількома ключовими факторами [9]:

1. Технологічні витрати

Виробництво безлактозного кефіру вимагає додаткових технологічних процесів, таких як додавання галактозидази для розщеплення лактози, контроль якості продукту, технологічне обладнання та контроль за виробництвом. Ці додаткові процеси та витрати можуть призводити до збільшення виробничих витрат та, відповідно, до підвищення ціни на продукт.

2. Сировинні матеріали

Деякі сировинні матеріали, які використовуються для створення безлактозного кефіру, можуть бути дорожчими або менш доступними порівняно зі звичайними інгредієнтами. Наприклад, галактозидаза як фермент може мати свою ціну, а також додаткові сировинні матеріали для контролю якості та стабільності продукту.

3. Масштаб виробництва

У багатьох випадках, безлактозні продукти виробляються в обмеженому обсязі, що може збільшити витрати на виробництво через менший масштаб економії. Такі продукти можуть виготовлятися на окремих лініях або виробничих умовах, що також впливає на вартість продукції.

4. Маркетингові витрати

Виробники безлактозного кефіру часто змушені здійснювати додаткові маркетингові зусилля, щоб просувати та популяризувати свою продукцію,

особливо серед споживачів з непереносимістю лактози. Ці додаткові витрати можуть також впливати на кінцеву вартість продукту.

5. Конкуренція на ринку

Безлактозні продукти зазнають конкуренції на ринку звичайних молочних продуктів та інших альтернативних продуктів для людей з непереносимістю лактози. Це також може впливати на стратегії ціноутворення та варіацію цін на безлактозний кефір.

Усі ці фактори разом можуть призводити до підвищення вартості безлактозного кефіру порівняно з традиційними молочними продуктами. Проте, з ростом популярності та попиту на безлактозні продукти, можливе зниження витрат та виробничих технологій, що в подальшому може знизити ціну на ці продукти для споживачів.

У таблиці 5 проведено порівняння вартості звичайного кефіру та безлактозного в рамках одного виробника задля наглядного прикладу підвищеної вартості цієї продукції.

Таблиця 5

Порівняння вартості кефірів в рамках одного виробника

Виробник (торгова марка)	Кефір звичайний		Кефір безлактозний	
	Ціна, грн	Ціна за 1 г, грн	Ціна, грн	Ціна за 1 г, грн
Яготинське	56,49 за 890 г	0,0635	51,49 за 750 г	0,0687
Яготинське для дітей	18,9 за 200 г	0,0945	19,2 за 200 г	0,096
Мілкіленд-Україна	23,5 за 400 г	0,0588	28 за 200 г	0,14
Доообра ферма	67,7 за 500 г	0,1354	71,5 за 500 г	0,143
Люстдорф	38,99 за 900 г	0,0433	58,99 за 950 г	0,0621
Organic Milk	59,99 за 900 г	0,0666	71,49 за 1000 г	0,0715
Волошкове поле	53,99 за 900 г	0,0599	55 за 850 г	0,0647

Примітка: Ціни наведено станом на червень 2024 року

Тож, з таблиці 5 очевидна додана вартість за продукцію без лактози. Тому, при виборі біологічного агенту потрібно звертати увагу на самий

активний за галактозидазою штам задля зменшення додаткових витрат на додавання цього ферменту при виробництві кефіру.

Закваска для кефіру – це суміш мікроорганізмів, які додаються до молока для ініціювання процесу ферментації та виробництва кефіру. Закваски для кефіру для кожного виробника є запатентованою технологією, а тому кожна фірма готує свою симбіотичну закваску для приготування цього продукту. Симбіотична закваска для кефіру – це суміш мікроорганізмів, яка містить молочнокислі бактерії та дріжджі, які сприяють утворенню кефірних грибків. Ця комбінація мікроорганізмів створює унікальне середовище ферментації, яке дозволяє формувати традиційний смак, аромат та консистенцію кефіру [8].

Мікроорганізми у заквасці розщеплюють лактозу – цукор у молоці, на кислоти (зазвичай лактатну кислоту), що призводить до кислого середовища та зміни текстури молока. Цей процес формує основні характеристики кефіру, такі як його кислий смак та ніжна консистенція. Мікроорганізми в заквасці виробляють специфічні ароматичні сполуки та смакові профілі, які характеризують кефір. Це додає продукту приємний смак та аромат, що робить його привабливим для споживачів. Вони продукують певні ензими, які впливають на текстуру та структуру кефіру, забезпечуючи його плавність та кремовість [1].

В таблиці 6 показано основних виробників закваски для кефіру, які представлено на ринку України.

Таблиця 6

Виробники заквасок для кефіру

Виробник/країна	Вартість, грн	Склад	Джерело
Cheese master / Італія	7,99 за 1 г	Не вказано	[4]
VIVO / Україна	13 за 0,5 г	Мікрофлора кефірних зерен	[1]
Віоргох / Франція	3,28 за 0,5 г	<i>Lactococcus lactis</i> subsp <i>lactis</i> , <i>L. lactis</i> subsp <i>lactis</i> var <i>diacetylactis</i> , <i>L. mesenteroides</i> , <i>S. thermophilus</i> , <i>L. acidophilus</i> , Мікрофлора кефірного грибка	[3]

Danisco / Франція	5,28 за 0,5 г	мікрофлора кефірних зерен, кефірні дріжджі, молочнокислі бактерії: <i>L. lactis</i> subsp., <i>Leuconostoc</i> sp.; - <i>Lactobacillus</i> sp.; - <i>S. thermophilus</i>	[3]
Іпровіт / Україна	12,7 за 0,5 г	Грибкова кефірна закваска сублімаційно висушена, <i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>L. lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i> , <i>S. thermophilus</i> , <i>S. unisporus</i> , цукор	[6]
Закваска / Італія	8,6 за 1 г	Лактоза, кефірні грибки, <i>L. acidophilus</i> , <i>L. kefir</i> , <i>L. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>L. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> , <i>L. lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar. <i>diacetylactis</i> , <i>L. ssp. cremoris</i> , <i>L. brevis</i> , <i>S. cerevisiae</i>	[5]

З таблиці 6 частково видно багатий на мікроорганізми склад кефірних заквасок. Зазначено **дві** українські фірми, які виготовляють закваски для кефіру, хоча потрібно зазначити, що компанія VIVO їх не виготовляє, а лише закуповує та фасує.

Тож, спираючись на все вище наведене, потрібно обрати біологічний агент, як одного з складників композитної закваски для кефіру, який матиме активну галактозидазу.

3.2. Вибір біологічного агенту для виробництва безлактозного кефіру

Через те, що розкладання лактози є, в першу чергу, характеристикою молочнокислих бактерій, будемо розглядати саме їх. При такому виборі потрібно звертати увагу не лише на активність галактозидази, а й на концентрацію клітин, яка має становити не менше 10^6 КУО/мл задля забезпечення мікробіологічних вимог до заквасок цього типу. Попереднє порівняння показано в таблиці 7.

Порівняння молочнокислих бактерій з галактозидазною активністю

Біологічний агент	Композитний склад поживного бульйону, г/л	Умови біосинтезу	Концентрація життєздатних клітин, КУО/мл	Активність β-галактозидази, Од/мл	Джерело
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> 11842	Суша сироватка – 60, Дріжджовий екстракт - 10	43 °С, 140 об/хв, 17 год	10 ^{9,1}	1,08 ± 0,15	[13]
<i>L. reuteri</i> B-14171	Лактоза – 12,75, Казеїн – 1,88, Дріжджовий екстракт – 1,65, Дикалію фосфат - 2,0, Тріамонія цитрат - 2,0, Твін 80 - 1,08, Натрій ацетат – 5,0, Магнію сульфат - 0,20, Марганцю сульфат - 0,05	37 °С, 48 год	10 ⁶	7,004± 0,32	[20]
<i>L. casei</i> MB2	Декстроза – 20,0, Дикалію фосфат - 2,0, Гідролізат казеїну – 10,0, Тріамонія цитрат - 2,0, М'ясний екстракт – 10,0, Твін 80 - 1,08, Натрій ацетат – 5,0, Магнію сульфат гептагідрат - 0,20, Дріжджовий екстракт - 4,0, Марганцю сульфат тетрагідрат - 0,05	37 °С, 48 год, анаеробні умови	10 ⁷	139,65	[15]
<i>L. acidophilus</i> виділено зі стічних вод молочного заводу	Пептон - 10, К ₂ НРО ₄ - 4, лактоза - 10, Твін 80 – 0,2, Ацетат натрію – 0,1, Цитрату діамонію - 1, MgSO ₄ ×7H ₂ O – 0,5, MnSO ₄ ×4H ₂ O - 2.	37 °С, 48 год, рН 7	2,8 × 10 ⁵	126	[18]
<i>L. crispatus</i> ATCC 33820	Галактоза – 20,0, Дикалію фосфат - 2,0, Гідролізат казеїну – 10,0, Тріамонія цитрат - 2,0, М'ясний екстракт – 10,0, Твін 80 - 1,08, Натрій ацетат – 5,0, Магнію сульфат - 0,20, Дріжджовий екстракт - 4,0, Марганцю сульфат - 0,05	37 °С, 48 год	10 ^{9,6}	152,4	[24]

Спираючись на данні таблиці 7 вочевидь найбільша концентрація клітин та активність галактозидази притаманна для *L. crispatus* ATCC 33820. Найменш активними виявились штами *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 11842 та *L. reuteri* В-14171.

L. casei є одним із видів молочнокислих бактерій, які часто використовуються в складі заквасок для кефіру. Ця бактерія відома своїми пробіотичними властивостями і має ряд позитивних ефектів для здоров'я. Присутність *L. casei* сприяє покращенню консистенції кефіру, роблячи його більш гладким і однорідним. Крім того, що *L. casei* мають високу галактозидазну активність, вони виробляють метаболіти, які додають кефіру приємний кисло-солодкий смак.

L. acidophilus допомагає підтримувати здоровий баланс мікрофлори кишківника, пригнічуючи ріст патогенних бактерій та сприяючи росту корисних мікроорганізмів. Ацидофільна паличка сприяє кращому засвоєнню поживних речовин та зменшує симптоми таких станів, як синдром подразненого кишківника. *L. acidophilus* сприяє розвитку специфічного смаку та аромату кефіру, виробляючи ароматичні сполуки під час ферментації. Дія *L. acidophilus* допомагає покращити консистенцію кефіру, роблячи його більш кремовим та однорідним. Деякі дослідження показують, що *L. acidophilus* може сприяти зниженню рівня "поганого" холестерину в крові, що є корисним для серцево-судинної системи.

L. crispatus – це ще один вид молочнокислих бактерій, який можна використовувати у виробництві кефіру. Хоча він менш відомий, ніж інші види *Lactobacillus*, такі як *L. acidophilus* або *L. casei*, *L. crispatus* також має значні корисні властивості. Ця бактерія може стимулювати імунну систему, допомагаючи організму боротися з інфекціями та запальними процесами.

Для більш коректного порівняння пропонується також врахувати вартість кожного поживного середовища, яке використовується для культивування продуцентів. Такий розрахунок показано в таблиці 8.

Таблиця 8

Визначення вартості поживного середовища для кожного біологічного агенту

Біологічний агент	Склад поживного середовища, г/л	Вартість за 1 кг компоненту, грн	Перерахунок на 1 л поживного середовища, грн
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> 11842	Суха сироватка – 60	34	2,04
	Дріжджовий екстракт - 10	827	8,27
	Ціна 1 л середовища - 10,31 грн		
<i>L. reuteri</i> В-14171	Лактоза – 12,75	35	0,45
	Казеїн – 1,88	388	0,73
	Дріжджовий екстракт – 1,65	827	1,38
	Дикалію фосфат - 2,0	48	0,09
	Тріамонія цитрат - 2,0	40	0,08
	Твін 80 - 1,08	204	0,22
	Натрій ацетат – 5,0	87	0,44
	Магнію сульфат - 0,20	45	0,01
	Марганцю сульфат - 0,05	39	0,001
Ціна 1 л середовища – 3,4 грн			
<i>L. casei</i> MB2	Декстроза – 20,0,	47	0,94
	Дикалію фосфат - 2,0,	48	0,09
	Гідролізат казеїну – 10,0,	744	7,44
	Тріамонія цитрат - 2,0,	40	0,08
	М'ясний екстракт – 10,0,	827	8,27
	Твін 80 - 1,08,	204	0,22
	Натрій ацетат – 5,0,	87	0,44
	Магнію сульфат - 0,20,	45	0,01
	Дріжджовий екстракт - 4,0,	827	3,31
	Марганцю сульфат - 0,05	39	0,001
Ціна 1 л середовища – 20,8 грн			
<i>L. acidophilus</i> виділено зі стічних вод молочного заводу	Пептон – 10	620	6,2
	K ₂ HPO ₄ – 4	48	0,19
	лактоза – 10	35	0,35
	Твін 80 – 0,2	204	0,03
	Ацетат натрію – 0,1	87	0,01
	Цитрату діамонію – 1	40	0,04
	MgSO ₄ ×7H ₂ O – 0,5	45	0,02
	MnSO ₄ ×4H ₂ O – 2	39	0,08
Ціна 1 л середовища – 6,92 грн			
<i>L. crispatus</i> ATCC 33820	Галактоза – 20,0,	417	8,34
	Дикалію фосфат - 2,0,	48	0,09
	Гідролізат казеїну – 10,0,	620	6,2
	Тріамонія цитрат - 2,0,	40	0,08
	М'ясний екстракт – 10,0,	827	8,27
	Твін 80 - 1,08,	204	0,22
	Натрій ацетат – 5,0,	87	0,44
	Магнію сульфат - 0,20,	45	0,01
	Дріжджовий екстракт - 4,0,	827	3,31
Марганцю сульфат - 0,05	39	0,001	
Ціна 1 л середовища – 26,96 грн			

Примітка: Ціни наведено станом на червень 2024 року

З таблиці 8 зрозуміло, що найдешевше середовище притаманне для *L. reuteri* В-14171, а найдорожче - *L. crispatus* АТСС 33820. Для остаточного порівняння потрібно узагальнити всю інформацію (табл. 9).

Таблиця 9

Кінцеве порівняння молочнокислих бактерій

Штам	Концентрація клітин, КУО/мл	Активність β-галактозидази, Од/мл	Тривалість культивування, год	Ціна за 1 л поживного середовища, грн
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> 11842	10 ^{9,1}	1,08 ± 0,15	17	10,31
<i>L. reuteri</i> В-14171	10 ⁶	7,004 ± 0,32	48	3,4
<i>L. casei</i> MB2	10 ⁷	139,65	48	20,8
<i>L. acidophilus</i> виділено зі стічних вод молочного заводу	2,8 × 10 ⁵	126	48	6,92
<i>L. crispatus</i> АТСС 33820	10 ^{9,6}	152,4	48	26,96

За остаточним порівнянням пропонується обрати штам *L. casei* MB2, який синтезує 10⁷ КУО/мл, а також має активність ферменту 139,65 Од/мл. Даний штам найоптимальнішим за вартістю поживного середовища та важливими показниками для виробництва кефіру. *L. crispatus* АТСС 33820 хоча і має вищу концентрацію клітин та трохи вищу активність ферменту, його вартість є доволі високою, через що обрати цей штам не доцільно.

L. casei MB2 відповідає всім вимогам до заквасок для йогурту, а також дозволить зменшити концентрацію лактози в готовому молочнокислому продукті, що і робить його дуже привабливим агентом закваски.

3.3. Контроль показників якості безлактозного кефіру

Контроль показників якості безлактозного кефіру включає оцінку як мікробіологічних, так і хімічних параметрів. Це необхідно для забезпечення безпеки продукту, його відповідності нормативним вимогам та підтримки високих стандартів якості.

3.3.1. Мікробіологічний контроль безлактозного кефіру

Кількість молочнокислих бактерій

Кількість молочнокислих бактерій (лактобактерій) в кефірі визначається як число колонієутворюючих одиниць (КУО) на грам продукту. Молочнокислі бактерії є основними мікроорганізмами, що забезпечують ферментацію молока, перетворюючи лактозу на молочну кислоту, і таким чином надають кефіру його характерні смак і текстуру.

Проведення аналізу: відібрати репрезентативну пробу кефіру, яку ретельно перемішати. Відважити необхідну кількість проби (зазвичай 10 г) і перенести у стерильний контейнер. Пробу кефіру перенести у флакон з 90 мл стерильного фізіологічного розчину або буферного розчину, що забезпечує 1:10 розведення. Ретельно перемішати за допомогою вортекса. З цього розведення приготувати подальші серійні розведення (наприклад, 1:100, 1:1000) шляхом послідовного перенесення 1 мл розведення у нові флакони з 9 мл стерильного розчину. Для визначення кількості молочнокислих бактерій використовують спеціальні вибіркові живильні середовища, наприклад, MRS-агар. На поверхню стерильних чашок Петрі вносять 1 мл кожного розведення і заливають рідким MRS-агаром, розігрітим до температури близько 45°C. Ретельно змішують для рівномірного розподілу зразка у середовищі. Чашки Петрі інкубують в анаеробних умовах (без доступу кисню) при температурі 37°C протягом 48-72 годин. Після інкубації підраховують кількість колоній, що утворилися на чашках Петрі, які містять

від 30 до 300 колоній. Визначають середню кількість колоній на кожному розведенні.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 "Кефір", кількість молочнокислих бактерій у кефірі повинна становити не менше 1×10^7 КУО/г. Це забезпечує не тільки характерний смак та консистенцію продукту, але й його пробіотичні властивості, які сприяють підтримці здоров'я споживачів.

Визначення загальної бактеріальної забрудненості кефіру

Загальна бактеріальна забрудненість (ЗБЗ) – це загальна кількість аеробних та факультативно-анаеробних бактерій, що присутні в одиниці об'єму або маси продукту. Цей показник відображає загальний рівень мікробного забруднення продукту та використовується для оцінки санітарного стану виробництва і якості кінцевого продукту.

Проведення аналізу: початкові етапи подібні до визначення лактобактерій (див. вище). Використовувати стандартні поживні середовища, такі як поживний агар або агар для загального бактеріального обсіменіння (наприклад м'ясо-пептонний). Чашки Петрі інкубують при температурі 30°C протягом 72 годин. Після інкубації підраховують кількість колоній, що утворилися на чашках Петрі, які містять від 30 до 300 колоній. Визначають середню кількість колоній на кожному розведенні.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 "Кефір", загальна бактеріальна забрудненість у кефірі не повинна перевищувати 5×10^4 КУО/г. Це забезпечує високу якість продукту і його безпечність для споживання.

Визначення дріжджів та плісняв у кефірі

Дріжджі та плісняви – це види грибів, що можуть з'являтися у кефірі під час виробництва та зберігання. Визначення кількості дріжджів і плісняв важливе для контролю якості продукту, оскільки їх надмірна кількість може негативно вплинути на смак, текстуру та безпеку продукту.

Проведення аналізу: перенести пробу кефіру у флакон з 90 мл стерильного фізіологічного або буферного розчину, що забезпечує розведення 1:10. Ретельно перемішати за допомогою вортекса. Приготувати

подальші серійні розведення (наприклад, 1:100, 1:1000) шляхом послідовного перенесення 1 мл розведення у нові флакони з 9 мл стерильного розчину. Використовувати спеціальні середовища для вирощування дріжджів та плісняв, такі як агар Сабуро або агар з хлорамфеніколом. Чашки Петрі інкубують при температурі 25°C протягом 5-7 днів. Після інкубації підраховують кількість колоній дріжджів та плісняв, що утворилися на чашках Петрі. Визначають середню кількість колоній на кожному розведенні.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 "Кефір", допустимий рівень дріжджів у кефірі не повинен перевищувати 100 КУО/г (якщо в заквасці передбачено кефірні грибки та/або дріжджі, їх кількість має становити не менше 10^4 КУО/г), а плісняви мають бути відсутні у 1 г продукту. Це забезпечує високу якість та безпечність кефіру для споживання.

Визначення колиформних бактерій у кефірі

Коліформні бактерії – це група грамнегативних, факультативно анаеробних бактерій, що можуть ферментувати лактозу з утворенням кислоти і газу при температурі 35-37°C. Вони є індикаторами санітарного стану і гігієнічної якості харчових продуктів, оскільки їх наявність може свідчити про фекальне забруднення або порушення санітарних норм під час виробництва.

Проведення аналізу: використовувати вибіркові середовища для вирощування колиформних бактерій, такі як лактозний бульйон або агар МакКонкі. Чашки Петрі інкубують при температурі 37°C протягом 24-48 годин. Після інкубації підраховують кількість колоній колиформних бактерій, що утворилися на чашках Петрі. Визначають середню кількість колоній на кожному розведенні.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 "Кефір", колиформні бактерії у кефірі мають бути відсутніми в 0,1 г продукту. Це забезпечує високу гігієнічну якість продукту і безпеку для споживання.

Визначення патогенних мікроорганізмів у кефірі

Патогенні мікроорганізми, такі як сальмонели, лістерії та стафілококи, є небезпечними для здоров'я людини. Їх наявність у харчових продуктах може призвести до серйозних захворювань. Визначення та контроль цих мікроорганізмів у кефірі є критично важливими для забезпечення безпеки продукту.

Проведення аналізу для визначення сальмонел: відважити 25 г проби (кефіру) та перенести у стерильний контейнер. Перенести пробу у 225 мл буферного пептонного водного розчину і інкубувати при 37°C протягом 18-24 годин. Після попереднього збагачення перенести 1 мл культури у 10 мл селеніт-цистеїнового бульйону і 10 мл Рапарт-Васіліадіс бульйону, інкубувати при 37°C і 42°C відповідно протягом 24 годин. Перенести культуру на агар XLD (ксилозу-лізин-дезоксихолат) та агар HE (гектон ентерик), інкубувати при 37°C протягом 24-48 годин.

Підозрілі колонії (червоні з чорною серединою на агарі XLD, синьо-зелені з чорним центром на агарі HE) підтверджуються біохімічними та серологічними тестами.

Проведення аналізу для визначення лістерій: перенести 25 г проби у 225 мл збагачувального бульйону UVM і інкубувати при 30°C протягом 24-48 годин. Перенести 0,1 мл збагачувальної культури у 10 мл Fraser бульйону і інкубувати при 35°C протягом 24-48 годин. Перенести культуру на агар PALCAM та агар Oxford, інкубувати при 35°C протягом 24-48 годин.

Підозрілі колонії (чорні з чорною ореолом на агарі PALCAM, чорні на агарі Oxford) підтверджуються біохімічними та серологічними тестами.

Проведення аналізу для визначення стафілококів: перенести розведення на агар Baird-Parker з жовтком та телуритом, інкубувати при 37°C протягом 24-48 годин. Підозрілі колонії (чорні з прозорим ореолом) підраховуються і підтверджуються коагулазним тестом.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 "Кефір", у готовому продукті сальмонели, лістерії та стафілококи мають бути відсутніми. Це гарантує безпеку продукту для споживання.

3.3.2. Хімічний контроль безлактозного кефіру

Вміст лактози в кефірі

Вміст лактози в безлактозному кефірі не перевищує 0,01 г на 100 г продукту (0,01%). Це досягається шляхом додавання ферменту лактази, яка розщеплює лактозу на глюкозу та галактозу, або використанням безлактозного молока для його виробництва.

Проведення аналізу: відібрати репрезентативну пробу кефіру (10-20 мл) і ретельно перемішати. Пробу потрібно очистити від білків та жирів, зазвичай використовуючи осаджувачі, такі як трихлороцтова кислота або етанол. Це дозволяє уникнути інтерференції з іншими компонентами при вимірюванні лактози. Використовується ферментативний тест, який заснований на перетворенні лактози ферментом β -галактозидазою. Кількість отриманої глюкози визначають колориметрично або за допомогою глюкозооксидазного методу.

Згідно з нормативними документами та стандартами, такими як ДСТУ 4733:2007 "Кефір", у безлактозному кефірі вміст лактози повинен бути не більше 0,01 г на 100 г продукту. Це забезпечує можливість споживання продукту людьми з непереносимістю лактози.

Визначення загальної кислотності

Загальна кислотність у кефірі визначається як кількість молочної кислоти, що міститься в продукті. Цей показник є важливим для оцінки якості та смакових характеристик кефіру.

Методи визначення загальної кислотності:

Титрування лужним розчином (метод Дорніша):

Пробу кефіру розчиняють у дистильованій воді та титрують 0,1 N розчином натрію гідроксиду (NaOH) до досягнення фенолфталеїнового

переходу від безкольорового до рожевого. Кількість витраченої лужності обчислюється за формулою: Кількість молочної кислоти (у %) = $(V * N * 90) / m$, де V – об'єм витраченої лужності, N – нормальність лужного розчину, m – маса проби.

Фотометричний метод:

Використовують фенолфталеїн як індикатор та фотометр для вимірювання кольорової інтенсивності розчину після додавання натрію гідроксиду. Кількість молочної кислоти розраховується залежно від отриманих оптичних показників.

Електропровіднісний метод:

Заснований на вимірюванні електропровідності розчину після додавання лугу. Загальна кислотність виражається через відношення провідності розчину до вихідного стану.

У кефірі загальна кислотність зазвичай коливається від 0,6% до 0,8%. ДСТУ 4733:2007 "Кефір" уточнює, що кефір повинен мати легкий кислий смак, який відповідає його загальній кислотності.

Визначення масової частки білків

Масова частка білків у кефірі є важливим показником його харчової цінності та якості. Визначаючи цей показник, ми можемо зрозуміти, скільки білків міститься в продукті на одиницю ваги.

Методи визначення масової частки білків:

Кьельдалянський метод:

Пробу кефіру розщеплюють сильними лугами, такими як натрій або калій гідроксид, за підвищених температур і під тиском. Білки перетворюються на амінокислоти, азот, який утворюється у результаті цього процесу, титрують кислотами. Кількість використаної кислоти дозволяє розрахувати масову частку білків.

Біреакторний аналіз (титрування кислотою-основою):

Пробу кефіру титрують 0,1 N розчином натрію або калію гідроксиду, використовуючи фенолфталеїн як індикатор. Кількість витраченої лугової речовини дозволяє розрахувати масову частку білків у продукті.

У Державному стандарті України (ДСТУ) 4733:2007 "Кефір" встановлено, що масова частка білків у кефірі повинна бути не менше 2,8% для продукту з жирністю 2,5%, та не менше 2,5% для продукту з жирністю 1%.

Визначення масової частки жирів

Масова частка жирів у кефірі є одним із ключових показників, який відображає вміст жирів у продукті. Цей показник важливий для оцінки якості та харчової цінності кефіру.

Методи визначення масової частки жирів:

Гравіметричний метод:

Пробу кефіру розчиняють у відомому об'ємі розчинника, який вилучає жири. За допомогою гравіметрії обчислюють масову частку жирів у вихідній пробі.

Беруть зразок кефіру та ретельно розщепляють жири за допомогою розчинника (наприклад, етанолу). Отриманий екстракт випаровується, а затим висушується у спеціальних умовах, наприклад, при певній температурі та під вакуумом. Після висушування вимірюється маса залишків, що вказує на масову частку жирів у пробі.

Хімічний метод (Кьельдалянський):

Цей метод полягає у гідролізі жирів у кефірі за допомогою луку. Після гідролізу отриманий гліцерин перетворюється на солі, які титрують для визначення маси жирів.

Кефір змішують з лугом, наприклад, натрієвим гідроксидом (NaOH), що спричинює гідроліз жирів. У результаті гідролізу утворюються солі жирних кислот та гліцерин. Отриману суміш титрують з кислотою, наприклад, соляною кислотою (HCl), щоб визначити кількість використаного

лугу. Кількість використаного лугу дозволяє розрахувати масову частку жирів у кефірі.

У Державному стандарті України (ДСТУ) 4733:2007 «Кефір» встановлено, що масова частка жирів у кефірі може коливатися від 0,1% до 6%. Зазвичай для кефіру з низьким вмістом жирів, вона становить близько 1-2%.

Визначення вмісту кальцію

Визначення кальцію у продуктах, таких як кефір, можна здійснити за допомогою різних методів. Комплексометричний метод базується на формуванні комплексного сполуку між кальцієм і хелатоутворювачем (зазвичай етілендіамінтетраоцтова кислота, EDTA), який має відому сталу утворення. Хелатоутворювач (наприклад, EDTA) має здатність утворювати стійкі комплекси з іонами кальцію (Ca^{2+}). Утворення такого комплексу змінює кольоровий або фізичний стан реакційної суміші, що може бути виміряно за допомогою титрації.

Пробу кефіру розчиняють у воді та додають хелатоутворювач. За допомогою титрації визначають кількість використаного хелатоутворювача, що вказує на кількість кальцію у пробі. За допомогою відомої концентрації титранту і розмірів проби можна розрахувати масову частку кальцію у кефірі.

3.3.3. Визначення органолептичних показників безлактозного кефіру

Органолептичні показники безлактозного кефіру включають в себе характеристики, які можна сприймати за допомогою органів чуттів, таких як зір, нюх, смак, дотик і слух. Ці показники допомагають в оцінці якості та прийнятті рішення щодо покращення продукту. Основними органолептичними показниками безлактозного кефіру є:

1. Зовнішній вигляд. Безлактозний кефір може мати світліший колір порівняно з традиційним, через відсутність лактози, яка може

давати натуральний жовтуватий відтінок. Текстура кефіру має бути однорідною, без видимих зерен або комочків.

2. Запах. Безлактозний кефір може мати менш виражений молочний аромат, а також відсутність характерного запаху лактози під час квашення.
3. Смак. Безлактозний кефір повинен мати приємний молочний смак, без гіркоти або кислотності, які можуть виникати внаслідок погіршення якості або процесів виробництва.
4. Текстура. Кефір має бути рідким, але не занадто рідким, з легкою і однорідною консистенцією.

Оцінка органолептичних показників безлактозного кефіру проводиться згідно з встановленими стандартами та методиками виробника, а також може включати експертні судження та дегустації споживачів. Ці показники допомагають виробникам забезпечити високу якість продукту та задоволення від споживання.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на виробництві кефіру є дуже важливою, оскільки вона спрямована на забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час виробничого процесу. Основні аспекти охорони праці на виробництві кефіру включають в себе:

1. Безпека виробничих процесів. Розробка та дотримання інструкцій щодо безпеки робіт на кожному етапі виробництва кефіру, включаючи приймання сировини, виробництво, упакування та зберігання продукту. Застосування заходів для запобігання аваріям та травматизму, таких як правильне використання обладнання, носіння захисного одягу та використання безпечних методів роботи.
2. Організація робочого місця. Забезпечення належної організації робочого простору, включаючи належне розташування обладнання та матеріалів, позначення небезпечних зон та шляхів евакуації у разі аварійних ситуацій.
3. Контроль за шкідливими речовинами. Проведення вимірювань та контролю за рівнями шкідливих речовин у повітрі, воді та на робочих поверхнях з метою запобігання негативному впливу на здоров'я працівників.
4. Навчання та інструктажі. Проведення регулярних навчань та інструктажів з охорони праці для працівників, включаючи вивчення правил та процедур безпеки, реагування на аварійні ситуації та використання захисного обладнання.
5. Медичне обстеження та профілактика. Проведення регулярних медичних обстежень та діагностики для виявлення можливих професійних захворювань та патологій, пов'язаних з виробництвом кефіру. Забезпечення доступу до заходів профілактики та лікування

для працівників, які можуть бути підвищеною ризиком у зв'язку з професійною діяльністю.

6. Управління екстремими ситуаціями. Розробка та впровадження планів екстреного реагування на аварійні ситуації, включаючи евакуацію працівників, виклик рятувальних служб та надання першої допомоги у разі необхідності.

Ці заходи дозволяють забезпечити високий рівень охорони праці на виробництві кефіру та зменшити ризик виникнення травматичних та професійних захворювань серед працівників.

Медичний контроль, профілактика та інші заходи забезпечення здоров'я працівників на виробництві кефіру є важливими аспектами охорони праці. Нижче розглянемо основні пункти цих заходів:

1. Медичні огляди:

Перед початком роботи кожен новозалучений працівник повинен пройти медичний огляд перед початком роботи на виробництві кефіру. Це допомагає виявити можливі медичні протипоказання до роботи у певних умовах, а також визначити індивідуальні особливості стану здоров'я працівника.

Профілактичні медичні огляди проводяться регулярно згідно з вимогами законодавства. Вони дозволяють вчасно виявляти можливі захворювання, пов'язані з роботою, а також моніторити стан здоров'я працівників.

2. Профілактичні заходи:

Профілактична вакцинація проти захворювань, які можуть бути передані через продукцію або від інших працівників, таких як грип, гепатити тощо. Організація навчань з безпеки праці, використання захисного обладнання, дотримання правил безпеки під час роботи з обладнанням та матеріалами.

3. Психологічна підтримка:

Надання консультацій та психологічної підтримки працівникам, особливо тим, хто працює в умовах стресу або підвищеного психічного навантаження.

4. Ергономіка робочого місця:

Організація робочого місця з урахуванням принципів ергономіки, що дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників та запобігти розвитку професійних захворювань.

5. Дошкільні заходи:

Проведення інструктажів та навчань з охорони праці, безпеки роботи з хімічними речовинами та обладнанням, профілактики травматизму та інших аспектів безпеки на робочому місці.

6. Моніторинг здоров'я:

Систематичний моніторинг стану здоров'я працівників, включаючи вимірювання впливу шкідливих факторів на організм, дослідження впливу робочого середовища на здоров'я та вчасне виявлення можливих захворювань.

Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки, здоров'я та психофізичного благополуччя працівників на виробництві кефіру, що дозволяє підвищити продуктивність роботи та знизити ризик виникнення професійних захворювань та травм.

Вимоги до персоналу на виробництві кефіру можуть бути різними залежно від конкретних завдань та посад. Однак, основні вимоги, які часто враховуються при наборі та роботі персоналу, включають наступне:

- Наявність профільної освіти (технічна, харчова, біологічна тощо) або досвіду роботи у галузі харчового виробництва.
- Освіта або підготовка з питань безпеки праці та охорони здоров'я на робочому місці.
- Розуміння технологічних процесів виробництва кефіру, знання технік безпеки та санітарії на виробництві харчових продуктів.

- Навички роботи з обладнанням для виробництва кефіру, включаючи міксери, біореактори, устаткування для фільтрації та упаковки.
- Дотримання санітарних та гігієнічних норм під час роботи, включаючи вимоги до особистої гігієни, носіння захисного одягу та взуття, використання перчаток та масок.
- Здатність ефективно спілкуватися та працювати у команді, взаємодіяти з іншими працівниками та керівництвом, вирішувати конфліктні ситуації.
- Відповідальне ставлення до виконання своїх обов'язків, дотримання графіка роботи, правил виробництва та безпеки.
- Бажання навчатися новим технологіям та методам роботи, підвищувати свою кваліфікацію та використовувати отримані знання для покращення якості виробництва.

На виробництві кефіру застосовуються різні стандарти для забезпечення якості та безпеки продукту. Ось кілька конкретних стандартів, які можуть використовуватися:

ISO 22000:2018 "Системи управління безпечністю харчових продуктів" – цей стандарт встановлює вимоги до систем управління безпечністю харчових продуктів на всіх етапах виробництва, включаючи постачальників сировини, виробництво, переробку та розподіл продукції.

ISO 9001:2015 "Системи управління якістю" – цей стандарт стосується загальних вимог до систем управління якістю та може бути застосований для забезпечення якості продукції та процесів на виробництві кефіру.

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) – цей підход визначає критичні точки контролю на всіх етапах виробництва для забезпечення безпеки та якості харчових продуктів, включаючи кефір.

Державні стандарти та нормативні документи (ДСТУ) – в Україні застосовуються відповідні ДСТУ для харчової продукції, які визначають вимоги до якості та безпеки продуктів, зокрема до кефіру.

GMP (Good Manufacturing Practice) – цей стандарт встановлює вимоги до доброї практики виробництва, що стосуються санітарії, гігієни, контролю якості сировини та продукції, упаковки тощо.

ВИСНОВКИ

1. Глобальний попит на кефір наростає, що підтверджується зростанням обсягів виробництва та споживання кефіру в країнах світу. Тенденції показують зростання числа нових марок та різноманітності заквашувальних композицій.

2. Непереносимість лактози в Україні та інших країнах стає значним фактором у споживанні молочних продуктів. Виробництво безлактозного кефіру виправдовується попитом серед споживачів з непереносимістю лактози, але виникають питання щодо вищої вартості цього продукту.

3. Пребіотики служать поживним середовищем для корисних бактерій у кишечнику, сприяючи росту та розвитку цих мікроорганізмів. Це допомагає зберегти баланс між корисними та шкідливими бактеріями, що є важливим для здоров'я кишечнику. Регулярне вживання пребіотиків може підвищити імунітет організму, оскільки вони сприяють продукції корисних метаболітів та зниженню запалення у кишечнику.

4. Використання молочнокислих бактерій з галактозидазною активністю для створення безлактозних продуктів є перспективним напрямом у харчовій промисловості. Оцінюючи цю перспективу, слід враховувати такі аспекти, як зростання попиту на безлактозні продукти, здоров'я споживачів, інновації, маркетинг та конкуренцію.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. Визначити біотехнологічні аспекти синтезу пребіотиків, як важливих метаболітів для додавання їх в склад молочнокислих продуктів, з метою покращення травлення та підвищення кількості корисної мікрофлори.
2. Розглянути можливість розробки безлактозних молочнокислих продуктів із застосуванням штамів молочнокислих бактерій, або ж інших мікроорганізмів, які можна застосовувати з тією ж метою, з підвищеною активністю β -галактозидази, яка розщеплює лактозу. Для людей, які мають непереносимість лактози таке рішення дозволить отримувати більш якісні та дешевші безпечні молочні продукти.
3. Пропонується розробити безлактозний кефір із застосуванням штаму *L. casei* MB2. Даний біологічний агент має високу концентрацію життєздатних клітин – 10^7 КУО/мл, а також високу галактозидазну активність 139,65 Од/мл. Застосування цього мікроорганізму дозволить здешевити виробництво безлактозного кефіру, оскільки кількість галактозидази, яку вносять при виробництві кефіру, знизиться.
4. Додатково, можна розробити безлактозний кефір із додаванням пребіотиків, які одержані біотехнологічним шляхом. Таке полікомпонентне поєднання зробить йогурт не тільки більш доступним до широкого кола споживачів, а й надасть йому ще більше корисних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бактеріальна закваска «Кефір VIVO». [Електронний ресурс]. URL: https://rozetka.com.ua/ua/224034265/p224034265/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF1G8u1CabrFVHelJXqZp_SURXeH0OwR6Mxmf2ESeGw_FmJ_5SKOBuxoC1cQQAuD_BwE
2. Глобальний попит на кефір знаходиться на підйомі. [Електронний ресурс]. URL: <https://infagro.com.ua/ua/2018/08/31/globalniy-popit-na-kefir-znahoditsya-na-pidyomi/>
3. Закваска для КЕФИРА 1350 л молока. [Електронний ресурс]. URL: https://prodservis.com.ua/p1667351795-zakvaska-dlya-kefira.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF1aLq9YPIwLjrSz2zeruIoU2YrkO0eHtCHC0o0ipUPtr-AI9rFeBPxoCAsQAuD_BwE
4. Закваска для кефіру на 1-3 л молока. [Електронний ресурс]. URL: <https://cheesemaster.ua/zakvaska-dlya-kefiru-na-1-3l-moloka/>
5. Закваска Домашний Кефір. [Електронний ресурс]. URL: https://prom.ua/p1136325652-zakvaska-domashnij-kefir.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_spa_1_50_produkty_pitaniya&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF4AQXT0usQatyuDYb9x8_up-8tQIKnSIsJCyLXq3Da4fVyR4drW36BoC6FMQAuD_BwE
6. Закваска Іпровіт Кефір бактеріальна. [Електронний ресурс]. URL: https://megamarket.zakaz.ua/uk/products/zakvaska-iprovit-2g-ukrayina--04820181560027/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF6ghNVJMKE8VilZSM153di18x3KXae9MmQ92fYMEJPBeXObi7AECeRoCF9wQAuD_BwE

7. Здоровий спосіб життя. [Електронний ресурс]. URL: <https://lifestyle.com.ua/zdorovyuy-sposib-zhyttia-zszh>
8. Кефір: користь, склад, приготування кисломолочного напою. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.zakvaski.com/stati/kefir-polza-sostav-prigotovlenie-kislomolochnogo-napitka.html>
9. Лактозна непереносимість – все, що потрібно знати про безлактозні молочні продукти. [Електронний ресурс]. URL: <https://klopotenko.com/laktozna-neperenosymist-vse-shho-potribno-znaty-pro-bezlaktozni-molochni-produkty/>
10. Пробиотики і пребіотики – коли і навіщо, в чому різниця і користь? [Електронний ресурс]. URL: <https://apteka-ds.com.ua/blog-item/probiotyky-i-prebiotyky-koly-i-navishcho-v-chomu-riznytsia-i-koryst>
11. Список компаній - Кефір, ряжанка – Україна. [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.kompass.com/a/%D0%BA%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%80-%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B0/0449044/>
12. Aung T. et al. Overproduction of a β -fructofuranosidase1 with a high FOS synthesis activity for efficient biosynthesis of fructooligosaccharides //International journal of biological macromolecules. – 2019. – Т. 130. – С. 988-996. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.039>
13. Bury D. et al. Effect of yeast extract supplementation on beta-galactosidase activity of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 11842 grown in whey //Czech Journal of Food Sciences. – 2001. – Т. 19. – №. 5. – С. 166-170. URL: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2001/05/02.pdf>
14. Carasi P. et al. Safety characterization and antimicrobial properties of kefir-isolated *Lactobacillus kefir* //BioMed Research International. – 2014. – Т. 2014. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4052788/>
15. Chandel H., Sharma N. Optimization of B-Galactosidase produced by a potential lactic acid Bacteria *Lactobacillus casei* MB2 isolated from traditional

dairy product of Himachal Pradesh //Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2020. – T. 9. – №. 6. – C. 2819-2832. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.906.341>

16. Chi Z. et al. Relationship between β -D-fructofuranosidase activity, fructooligosaccharides and pullulan biosynthesis in *Aureobasidium melanogenum* P16 //International journal of biological macromolecules. – 2019. – T. 125. – C. 1103-1111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.141>

17. Delgado-Fernandez P. et al. Biosynthesis of nondigestible galactose-containing hetero-oligosaccharides by *Lactobacillus plantarum* WCFS1 MelA α -Galactosidase //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2021. – T. 69. – №. 3. – C. 955-965. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06417>

18. Eze S. O. O. et al. Purification and Enzymatic Properties of β -galactosidase Produced from *Lactobacillus acidophilus* isolated from Dairy Waste-Water //Journal of Enzyme Engineering. – 2022. – T. 1. – №. 1. – C. 16-38. DOI: <https://doi.org/10.23977/enzyme.2022.010102>

19. Füreder V. et al. Selective synthesis of galactooligosaccharides containing β (1 \rightarrow 3) linkages with β -galactosidase from *Bifidobacterium bifidum* (Saphera) //Journal of agricultural and food chemistry. – 2020. – T. 68. – №. 17. – C. 4930-4938. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00997>

20. Gomes T. A. et al. Optimizing the growth-associated β -galactosidase production by probiotic *Lactobacillus reuteri* B-14171: experimental design, culture medium volume increase, and cell growth modeling //Scientia Plena. – 2021. – T. 17. – №. 4. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.040203>

21. González-Orozco B. D. et al. Invited review: Milk kefir microbiota—Direct and indirect antimicrobial effects //Journal of Dairy Science. – 2022. – T. 105. – №. 5. – C. 3703-3715. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21382>

22. Jadaun J. S. et al. Catalytic biosynthesis of levan and short-chain fructooligosaccharides from sucrose-containing feedstocks by employing the levansucrase from *Leuconostoc mesenteroides* MTCC10508 //International journal of biological macromolecules. – 2019. – T. 127. – C. 486-495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.070>

23. Jung J. Y. et al. Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter cultures on microbial communities and metabolites during kimchi fermentation //International journal of food microbiology. – 2012. – T. 153. – №. 3. – C. 378-387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.030>
24. Kim J. W., Rajagopal S. N. Isolation and characterization of β -galactosidase from *Lactobacillus crispatus* //Folia microbiologica. – 2000. – T. 45. – C. 29-34. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02817446>
25. Kocabas D. S., Ozben N. Co-production of xylanase and xylooligosaccharides from lignocellulosic agricultural wastes //RSC Advances. – 2014. – T. 4. – №. 50. – C. 26129-26139. DOI: <https://doi.org/10.1039/c4ra02508c>
26. Le B., Yang S. H. Production of prebiotic xylooligosaccharide from aqueous ammonia - pretreated rice straw by β - xylosidase of *Weissella cibaria* //Journal of applied microbiology. – 2019. – T. 126. – №. 6. – C. 1861-1868. URL: <https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/126/6/1861/6715259>
27. Lee Y. G., Cho J. Y., Moon J. H. Isolation and antioxidative activity of amino acid derivatives produced by *Leuconostoc mesenteroides* //Food science and biotechnology. – 2016. – T. 25. – C. 329-334. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0046-2>
28. Meybodi N. M., Ebrahimi M. T., Mortazavian A. M. Ethnic fermented foods and beverage of Iran //Ethnic fermented foods and alcoholic beverages of Asia. – 2016. – C. 309-322. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-2800-4_12
29. Ni D. et al. Biosynthesis of inulin from sucrose using inulosucrase from *Lactobacillus gasserii* DSM 20604 //International journal of biological macromolecules. – 2018. – T. 109. – C. 1209-1218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.120>
30. Ni D. et al. Efficient production of inulin and oligosaccharides using thermostable inulosucrase from *Lactobacillus jensenii* //International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – T. 165. – C. 1250-1257.

31. Ornelas A. P. et al. The activity of β - galactosidase and lactose metabolism in *Kluyveromyces lactis* cultured in cheese whey as a function of growth rate //Journal of applied microbiology. – 2008. – T. 104. – №. 4. – C . 1008-1013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03622.x>
32. Rajoka M. S. R. et al. Characterization and anti-tumor activity of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefir* isolated from Chinese kefir grains //Journal of Functional Foods. – 2019. – T. 63. – C. 103588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103588>
33. Singh S. P. et al. Prebiotic oligosaccharides: special focus on fructooligosaccharides, its biosynthesis and bioactivity //Applied biochemistry and biotechnology. – 2017. – T. 183. – №. 2. – C. 613-635. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2605-2>
34. Wienberg F., Hövels M., Deppenmeier U. High-yield production and purification of prebiotic inulin-type fructooligosaccharides //AMB Express. – 2022. – T. 12. – №. 1. – C. 144. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01485-9>
35. Wittmann C., Hans M., Bluemke W. Metabolic physiology of aroma - producing *Kluyveromyces marxianus* //Yeast. – 2002. – T. 19. – №. 15. – C . 1351-1363. DOI: <https://doi.org/10.1002/yea.920>
36. Yang C. H., Yang S. F., Liu W. H. Production of xylooligosaccharides from xylans by extracellular xylanases from *Thermobifida fusca* //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – T. 55. – №. 10. – C. 3955-3959. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0635964>
37. Zhang X. et al. Production of high-purity galacto-oligosaccharides (GOS) by *Lactobacillus*-derived β -galactosidase //European Food Research and Technology. – 2021. – T. 247. – C. 1501-1510. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03727-9>