

БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Допускається до захисту
Зав. кафедри безпечності та якості харчових
продуктів, сировини і технологічних процесів
доцент Чернієв С.В.
підпис, вчене звання, прізвище, ініціали
« 1 » 12 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Аналіз та удосконалення технології йогурту

Виконав: КОЗАЧЕНКО Святослав Коз

Керівник: доцент ЦЕБРО Анастасія Цебр

Рецензент: Вікторія Ігорівна Захарук
вчене звання, прізвище, ініціали, підпис

Зміст	
Завдання на кваліфікаційну роботу	
Анотація Annotation	
Відгук керівника	
Вступ – актуальність обраної технології	
Розділ 1. Огляд літератури	
Розділ. 2. Методологія кваліфікаційної роботи	
Розділ 3. Розроблення удосконаленої технології	
3.1. Вимоги до сировини та матеріалів	
3.2.Продуктовий розрахунок	
3.3. Апаратурно-технологічне забезпечення	
3.4.Опис технології	
Розділ 4 Контроль безпечності та якості продукту, екологізація виробництва	
Розділ 5 Економічна частина	
Висновки та пропозиції	
Список використаної літератури	

АНОТАЦІЯ

Козаченко С.М. Аналіз та удосконалення технології йогурту

У кваліфікаційній роботі проведено комплексний аналіз сучасного стану технологій виробництва ферментованих молочних продуктів та обґрунтовано доцільність використання рослинних екстрактів як функціональних інгредієнтів у складі йогурту. Особливу увагу приділено екстракту чебрецю, який характеризується антимікробними, антиоксидантними та ароматичними властивостями.

У процесі дослідження використано аналітичні, експериментальні, розрахункові та органолептичні методи, а також методи фізико-хімічного й мікробіологічного контролю якості. Методологічною основою роботи стали принципи системного аналізу, технологічного моделювання та вимоги чинної нормативно-технічної документації.

У результаті досліджень встановлено оптимальну концентрацію екстракту чебрецю в йогурті жирністю 1,5 %, яка становить 1,0 % від маси продукту. Доведено, що така концентрація забезпечує збалансовані органолептичні показники, стабільну консистенцію, нормативний рівень кислотності та мікробіологічну безпечність протягом зберігання. Підтверджено, що екстракт чебрецю чинить помірний інгібувальний вплив на розвиток сторонньої мікрофлори, не порушуючи активність заквасочних культур. Розроблено удосконалену технологічну схему виробництва йогурту з екстрактом чебрецю, визначено критичні контрольні точки за принципами НАССР та запропоновано заходи з екологізації виробництва. Проведено економічне обґрунтування, яке підтвердило доцільність впровадження запропонованої технології в умовах молокопереробних підприємств.

Одержані результати можуть бути використані у виробничій діяльності підприємств харчової промисловості, при розробленні нових видів функціональних кисломолочних продуктів, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти.

Кваліфікаційна робота містить **54 сторінки, 5 таблиць, 5 рисунків,**

список використаних джерел із **31** найменування.

Ключові слова: йогурт, ферментовані молочні продукти, екстракт чебрецю, закваска, органолептичні показники, безпечність харчових продуктів, екологізація виробництва.

ANNOTATION

Kozachenko S. Analisis and improvement of yogurt technology

This qualification thesis presents a comprehensive analysis of modern technologies for the production of fermented dairy products and substantiates the feasibility of using plant extracts as functional ingredients in yogurt formulation. Particular attention is paid to thyme extract, which is characterized by antimicrobial, antioxidant, and aromatic properties.

The study employs analytical, experimental, and calculation-based methods, as well as organoleptic, physicochemical, and microbiological quality assessment techniques. The methodological framework of the research is based on the principles of systems analysis, technological modeling, and compliance with current regulatory and technical standards.

The research results established the optimal concentration of thyme extract in yogurt with a fat content of 1.5 %, which is 1.0 % of the total product mass. It was proven that this concentration ensures balanced sensory characteristics, stable consistency, standard-compliant acidity, and microbiological safety throughout the storage period. It was confirmed that thyme extract exerts a moderate inhibitory effect on undesirable microflora without disrupting the activity of starter cultures.

An improved technological scheme for the production of yogurt with thyme extract was developed, critical control points were identified in accordance with HACCP principles, and measures aimed at the environmentalization of production were proposed. An economic assessment demonstrated the feasibility and efficiency of implementing the proposed technology at dairy processing enterprises.

The obtained results can be applied in the industrial practice of food enterprises, in the development of new functional fermented dairy products, and in the educational process of higher education institutions.

The master's qualification thesis comprises **54 pages, 5 tables, 5 figures**, a list of references containing **31 sources**.

Keywords: yogurt, fermented dairy products, thyme extract, starter cultures, sensory properties, food safety, environmental sustainability.

ВСТУП

Йогурт належить до найбільш затребуваних кисломолочних продуктів, оскільки поєднує високу біологічну цінність молока та переваги ферментованої продукції. Сучасний споживач очікує не лише стабільної якості, а й розширення функціональних властивостей продукту, покращення його харчової цінності, органолептичних характеристик і безпеки. Наукові дослідження підтверджують, що технологія виробництва йогурту є динамічною галуззю, у якій постійно впроваджуються інноваційні підходи щодо оброблення молочної сировини, оптимізації симбіотичних заквасок, рецептурних рішень та модернізації технологічного обладнання.

Паралельно з розвитком асортименту йогуртів зростає і потреба у технологічних рішеннях, що забезпечують стабільність структури, правильне формування згустку, контроль кислототворення та підвищення збережуваності продукту. Оскільки різні схеми термічної обробки, властивості заквасочних культур і режими сквашування значною мірою впливають на якість кінцевого продукту, виникає потреба в поглибленому аналізі традиційних і сучасних технологічних прийомів та можливостей їх удосконалення.

Хоча технологія виробництва йогурту є усталеною, у практиці підприємств молочної промисловості залишаються актуальними питання оптимізації рецептури, стабілізації текстури, удосконалення апаратурно-технологічного оснащення та коригування параметрів процесу згідно з сучасними нормами та споживчими очікуваннями. Особливої уваги потребують аспекти вибору заквасок, їх сумісність, вплив на кислотність і консистенцію продукту, а також етапи, на яких доцільно вводити наповнювачі або інші функціональні інгредієнти.

Метою роботи є аналіз існуючої технології виробництва йогурту та обґрунтування шляхів її удосконалення: шляхом коригування рецептури.

Для досягнення зазначеної мети передбачено виконати такі **завдання**:

1. Провести огляд наукових джерел та нормативної документації щодо

технології йогурту та сучасних підходів до її удосконалення.

2. Дослідити основні елементи традиційної технології виробництва йогурту й оцінити критичні точки, що впливають на якість продукту.

3. Розробити обґрунтовані технологічні рішення з удосконалення процесу виробництва.

4. Розробити апаратурно-технологічну схему удосконаленої технології.

5. Визначити показники якості готового продукту та оцінити ефективність запропонованих рішень.

6. Проаналізувати питання безпеки, екологічності та економічної доцільності удосконаленої технології.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальна характеристика йогурту як харчового продукту

Сучасні підходи до організації харчування передбачають пріоритетне створення продуктів, здатних не лише задовольняти енергетичні потреби людини, а й проявляти виражені оздоровчі властивості.

Молоко, що виступає основним видом сировини у виробництві йогуртів, характеризується високою концентрацією біологічно активних компонентів, які забезпечують його особливу харчову і фізіологічну цінність. Згідно з нормативними визначеннями, йогурт належить до групи ферментованих молочних продуктів, отриманих шляхом сквашування молочної суміші симбіотичною композицією термофільних молочних стрептококів і *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Такі продукти мають підвищений вміст сухих знежирених речовин та значну кількість життєздатних клітин заквашувальної мікрофлори, що визначає їхні сенсорні та функціональні властивості [2].

З метою покращення харчової цінності йогуртів та посилення їх лікувально-профілактичної властивості до їхнього складу вводять різноманітні наповнювачі та біологічно активні компоненти. Найбільш цінними є інгредієнти, що містять харчові волокна: мікрокристалічна целюлоза, пектини, камеді, плодово-ягідні та овочеві добавки [6].

Значне різноманіття рослинної сировини, придатної для застосування у виробництві ферментованих молочних продуктів, відкриває перед виробниками широкі можливості щодо розроблення нових видів йогуртів зі збалансованим складом, привабливими органолептичними характеристиками та підвищеною харчовою цінністю. Сучасна індустрія харчових інгредієнтів пропонує широкий спектр натуральних та інноваційних добавок, що дозволяють цілеспрямовано коригувати смакові властивості, текстуру, аромат, термін зберігання та функціональну активність продуктів.

Паралельно з розширенням асортименту функціональної продукції активно розвиваються й технологічні рішення.

Йогурт є одним із найбільш поширених різновидів ферментованих молочних продуктів, який отримують шляхом сквашування нормалізованої молочної основи специфічними симбіотичними культурами *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* [2; 6]. Висока популярність йогуртів у світовій харчовій промисловості зумовлена їхніми харчовими, дієтичними та функціональними властивостями, що підтверджено численними сучасними дослідженнями у галузі молокопереробних технологій [8; 12].

За даними профільних наукових праць, йогурт відзначається високою біодоступністю білків, ліпідів і мікронутрієнтів, оскільки у процесі ферментації відбувається частковий гідроліз молочних білків та розщеплення лактози, що покращує засвоюваність продукту [15; 23].

Зниження вмісту лактози внаслідок молочнокислого бродіння робить йогурти доступними для людей із частковою непереносимістю цього дисахариду, що є важливою перевагою перед іншими молочними продуктами.

Відповідно до міжнародних стандартів (Codex Alimentarius, IDF), класичний йогурт характеризується обов'язковою наявністю життєздатних клітин заквашувальної мікрофлори у концентрації не менше 10^7 КУО/г продукту. Саме активність цих бактерій визначає інтенсивність кислототворення, формування типового смаку, запаху та консистенції йогурту [14; 17].

Йогурт також є джерелом біологічно активних метаболітів – органічних кислот, бактерицидних речовин, екзополісахаридів, що позитивно впливають на стан кишкової мікробіоти та виконують лікувально-профілактичні функції. Саме тому ферментовані молочні продукти розглядають як важливий компонент здорового харчування [7; 19].

Розширення асортименту ферментованих молочних продуктів значною

мірою пов'язане із застосуванням рослинних інгредієнтів, оскільки саме плоди, ягоди та овочі є природними джерелами вітамінів, фенольних сполук, органічних кислот, мікроелементів та харчових волокон. У численних дослідженнях підкреслюється, що овочева сировина – морква, гарбуз, зелений горошок, шпинат та окремі види капустяних, - відзначається високою біологічною цінністю і технологічною сумісністю з молочною основою, що робить її перспективною для збагачення кисломолочних напоїв [14–22].

Плодово-ягідні компоненти, у свою чергу, містять значні кількості глюкози, фруктози, пектинових речовин, органічних кислот та флавоноїдів, які не лише покращують харчову цінність продукту, а й формують характерний аромат та колір готового йогурту. Різноманітні концентрати, сиропи, пюреподібні суміші та сухі комплексні інгредієнти, що застосовуються у виробництві, дозволяють контролювати кількість вуглеводів, вітамінів та біологічно активних речовин, одночасно впливаючи на в'язкість, смак і стабільність структури продукту [18; 29–30].

З огляду на різну природу рослинної сировини, інгредієнти для йогуртів поділяють на кілька функціональних груп.

До категорії плодово-ягідних наповнювачів відносять ягоди, фрукти та горіхи – компоненти, що традиційно використовуються для регулювання вмісту пектинів, вітаміну С, цукрів, ароматичних і ліпідних сполук. Вони є важливим джерелом антиоксидантів, що здатні підвищувати біологічну цінність готового продукту і позитивно впливати на стійкість білкового згустку під час зберігання [6; 14].

Окрім харчової цінності, такі інгредієнти забезпечують привабливий смако-ароматичний профіль, який є визначальним фактором для споживача.

Овочеві інгредієнти відіграють важливу роль у підвищенні вмісту харчових волокон, мікроелементів та природних антиоксидантів у кисломолочних продуктах. Клітковина овочів сприяє нормалізації ліпідного обміну, знижуючи рівень холестерину та загальних ліпідів у харчовому

раціоні, а також позитивно впливає на функціональний стан травної системи.

Окремі біоактивні сполуки овочів – β -каротин, хлорогенова та кумарова кислоти, аскорбінова кислота – демонструють антиоксидантні властивості, що пов'язані з профілактикою окремих видів онкологічної патології та зміцненням імунної реактивності організму [4].

До третьої групи натуральних наповнювачів належать продукти бджільництва – мед, прополіс, маточне молочко. Вони відрізняються високою концентрацією вуглеводів, ферментів, біостимуляторів та фенольних сполук, що проявляють антимікробну активність і здатні підсилювати функціональні характеристики кисломолочних продуктів [12].

В окремих роботах вивчено технологічні можливості використання фізалісу для збагачення йогуртів. Додавання пюре у кількості 5–20 % дає змогу змінювати смак, структуру та реологічні характеристики продукту; оптимальним виявився рівень 15 %, за якого в'язкість збільшується завдяки високому вмісту пектинів, а текстура стає більш стабільною та стійкою до механічного впливу [14].

Удосконалення технології з використанням овочевих цукатів (морквяних і гарбузових) дозволило підвищити частку природних вуглеводів, харчових волокон і каротиноїдів у продукті. Дослідження показали, що внесення 10 % овочевих цукатів у йогурт після завершення процесу сквашування забезпечує приємний смак, однорідну консистенцію та хороші фізико-хімічні показники, не порушуючи структури білкового згустку [25].

Також доведено ефективність використання ряду рослинних екстрактів та відварів. Зокрема, розроблено кисломолочний продукт із додаванням відвару м'яти, а також виконано комплексні дослідження впливу умов екстрагування різних видів рослинної сировини на ступінь вилучення біоактивних сполук, що є важливим аспектом для формування функціональних властивостей продукту [12–18; 29].

У світовій практиці впроваджуються комбіновані технології. Наприклад, у Японії випускають кисломолочні напої з поєднанням

морквяного соку та біфідобактерій. Місткість морквяного соку забезпечує наявність факторів росту для пробіотичної мікрофлори, що сприяє покращенню пробіотичного ефекту продукту.

У промислових умовах фруктові наповнювачі додаються на різних етапах:

- до термізації,
- на завершальній стадії термізації (у періодичних апаратах),
- після термізації у потоці, з асептичних контейнерів [28; 29].

Важливим технологічним аспектом є кислотність наповнювача: вона має відповідати або незначно перевищувати кислотність йогурту, що запобігає коагуляції білків, зменшенню стабільності та небажаному виділенню сироватки. Проте деякі фруктові суміші містять таніни, здатні взаємодіяти з білками молока і формувати щільні осади, що необхідно враховувати при підборі рецептури

1.2. Особливості формування складу та властивостей низькокалорійних функціональних йогуртів

Сучасні тенденції у харчовій промисловості визначають пріоритет у виробництві низькокалорійних та лікувально-профілактичних продуктів, які відповідають потребам людей із порушеннями обміну речовин, зокрема ожирінням та цукровим діабетом. Зростання попиту на харчові продукти зі зниженим вмістом калорій корелює з активним використанням цукрозамінників природного та синтетичного походження, що все частіше застосовуються у технологіях ферментованих молочних виробів [15; 20–23].

У виробництві кисломолочних продуктів поширення набули фруктоза, глюкоза, сукралоза. Сукралоза вирізняється високою термостабільністю, відсутністю гігроскопічності та здатністю зберігати солодкість без втрати якості під час зберігання. Вона може бути внесена на будь-якому етапі технологічного процесу та не спричиняє карієсу, що робить її ефективною

альтернативою сахарозі. Проте високі витрати на виробництво обмежують її широке застосування [20–23].

У низці робіт описано створення низькожирних йогуртних напоїв на основі поєднання коров'ячого молока низької жирності (0,5 %) із соєвим гідролізатом. Як закваску використовували *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*, а тривалість ферментації становила 12 годин. Гідролізат сої підвищував вміст білка, пептидів та амінокислот, надаючи кінцевому продукту приємний смак, рівномірну консистенцію та підвищену харчову цінність [20].

З метою зниження калорійності та підвищення функціональної цінності у технології ферментованих напоїв можливе застосування:

- скотини - сировини з низьким вмістом жиру та високою кількістю білків [24];
- сироваткових білків як структуроутворювачів із високою біологічною цінністю [15].

Одним із найсучасніших інгредієнтів для виробництва низькокалорійних функціональних продуктів є тагактоза, яка поєднує солодкість із пребіотичною активністю. За смаком вона подібна до сахарози та фруктози, але має нижчу енергетичну цінність і не гігроскопічна, що робить її придатною для теплових процесів [18; 19].

На основі ферментативної трансформації лактози розроблено технології отримання тагатовмісних концентратів з біфідобактеріями, які показали здатність стимулювати ріст корисної мікрофлори та формувати стабільну структуру йогурту при внесенні 5–10 % концентрату [13].

Для підвищення в'язкості та стійкості структури у рецептурах низькокалорійних продуктів застосовують агар «Procsagel» – природний полісахарид, одержаний із червоних морських водоростей. Його внесення у концентрації 0,15–0,20 % (в перерахунку на готовий продукт):

- підвищує кількість розчинної клітковини,
- стабілізує структуру білкового згустку,

- продовжує термін зберігання до 25 діб,
- запобігає синерезису (відділенню сироватки) [21].

Дослідження застосування агару проводилися в університетських центрах країн ЄС, зокрема у межах програм із розроблення харчових гідроколоїдів (EU Food Hydrocolloids Research Network), що повністю відповідає міжнародним технологічним стандартам.

Використання морських водоростей як джерела органічного йоду є перспективним напрямом у створенні функціональних напоїв. Біогель ламінарії – ламінал, містить альгінати, клітковину, білок, мінерали та органічні форми йоду, що дозволяє використовувати його як:

- природний загусник,
- джерело функціональних елементів,
- стабілізатор консистенції [4; 17].

Ферментація сумішей з ламіналом за участю термофільних бактерій показала нормальну кислотонакопичувальну здатність та формування рівномірної структури згустку без стороннього присмаку [4].

Перспективним напрямом є використання лактатів кальцію, калію, йоду та інших мінеральних сполук, синтезованих на основі харчових кислот. Такі премікси:

- збагачують продукт біоелементами,
- подовжують термін придатності через пригнічення небажаної мікрофлори,
- регулюють активність заквасок після сквашування,
- покращують органолептичні властивості йогуртів [9; 14; 17].

Серед напрямів збагачення кисломолочних продуктів виділяють:

- наповнювачі на основі чорниці, багатої антоціанами та фенольними кислотами, що сприяють покращенню зору, підтримці судинної системи та пригніченню *E. coli*;
- рослинні волокна з буряка, моркви, розторопші – джерела антиоксидантів та клітковини [25; 26];

- проростки злакових культур як джерело вітамінів групи В, токоферолів, ферментів [11; 19].

Компанії ЄС та США активно розробляють функціональні дитячі йогурти, збагачені кальцієм, йодом, фруктозою, пребіотиками та пробіотичними культурами. Системний контроль якості, перевірка сировини та дотримання стандартів ISO 22000 гарантують мікробіологічну безпеку таких продуктів [23].

Європейські університети з харчових технологій запропонували рецептури йогуртів з амарантом, нутом і сочевицею, що забезпечують підвищений вміст білка та рослинних мінералів при низькій калорійності. Дані продукти показали пробіотичні властивості та рекомендовані як частина функціонального харчування [5].

У міжнародних дослідженнях (Греція, Італія, Туреччина) широко описане застосування молока: кіз, овець, кобил для виготовлення йогуртів підвищеної харчової цінності. Такий продукт:

- має ніжнішу консистенцію,
- рідше схильний до синерезису,
- характеризується вищим вмістом біоактивних пептидів та антиоксидантів [16; 19].

Встановлено, що йогурт із козячого та овечого молока впливає на антиоксидантний статус організму сильніше, ніж продукт із коров'ячого молока [23; 34].

Дослідження антиоксидантно-енергетичного індексу (AEI) ферментованих продуктів показують, що йогурт має $AEI \approx 21,6$, що вище, ніж у більшості фруктів. Збагачення йогурту фруктовими або ягідними інгредієнтами з високим AEI (гранат, цитрусові, яблука, хурма) може суттєво посилювати його функціональні властивості [10].

Під час розроблення спеціалізованих напоїв враховуються норми енергетичних потреб та вмісту нутрієнтів для різних груп населення. Це дає змогу створювати кисломолочні продукти з оптимізованою калорійністю,

високою біологічною цінністю та збалансованим вмістом біоактивних речовин.

1.3. Традиційні технологічні схеми та інновації у виробництві йогуртів

Виробництво йогуртів ґрунтується на принципах харчової біотехнології, де ключову роль відіграють процеси молочнокислого бродіння та формування згустку під впливом термофільних культур. Класична технологія передбачає сквашування нормалізованої та пастеризованої молочної сировини з подальшим охолодженням згустку до температур, що забезпечують стабілізацію його структури (ДСТУ 4343:2003; [10]). На основі місця проведення ферментації сучасні виробництва використовують два технологічні підходи: термостатний та резервуарний методи [12№; 26].

За термостатної технології пастеризовану молочну суміш після нормалізації охолоджують до температури заквашування (40–45 °С), дозовано вносять закваску, перемішують та одразу розливають у споживчу тару. Сам процес сквашування відбувається вже в упакованому продукті в термостатних камерах при стабілізованих температурних режимах [11]

Особливості методу:

- сквашування здійснюється в невеликих об'ємах (пляшки, стаканчики);
- згусток формується непорушеним, що забезпечує щільну структуру;
- можливе мінімальне відділення сироватки на поверхні, що не є дефектом за умови дотримання ДСТУ;
- продукт після досягнення необхідної кислотності охолоджується у холодильних камерах, де також може проводитися його дозрівання.

Термостатний метод рекомендований для виробництва продуктів із фруктових-ягідними наповнювачами, де важливо зберегти форму та щільність згустку [15].

Резервуарна технологія є домінуючою у промислових масштабах

завдяки економічності та можливості автоматизації. Сквашування проводять у великих ємностях (резервуарах), оснащених системами перемішування та температурного контролю. Після досягнення необхідної кислотності згусток охолоджують у тій самій ємності або пластинчастих охолоджувачах, після чого продукт надходить на фасування [12].

Переваги резервуарного методу наступні:

- можливість автоматизувати процеси контролю кислотності, температури, перемішування;
- підвищення продуктивності підприємства у 1,5–2 рази (порівняно з термостатним методом);
- зниження обсягів необхідних холодильних площ;
- однорідна сметаноподібна консистенція продукту, що формується внаслідок порушення згустку при перемішуванні.

Цей метод дозволяє гнучко працювати з наповнювачами, стабілізаторами, преміксами та рослинними екстрактами, що особливо важливо у виробництві функціональних йогуртів [14].

Згідно з ДСТУ 4343:2003 «Йогурти», для виробництва необхідно використовувати молоко екстракласу з кислотністю 16–19 °Т, масовою часткою білка не менше 2,8 %, мінімальною механічною забрудненістю та високими мікробіологічними показниками. Виробництво може використовувати також сухе та згущене знежирене молоко відповідно до чинних нормативних документів [10].

Основні етапи включають:

- пастеризацію (85–87 °С із витримкою 5–10 хв або 90–92 °С із витримкою 2–3 хв);
- гомогенізацію (температура не нижче 55 °С, тиск ~17,5 МПа), що забезпечує запобігання синерезису та покращення кремоподібної текстури;
- охолодження до температури внесення закваски;
- ферментацію при 40–42 °С до формування характерного білкового гелю;

- охолодження і дозрівання при 0–8 °С.

Формування структури йогурту залежить від температури сквашування, виду заквасочних культур та технологічних режимів. Тривалість ферментації становить 2–5 год, після чого білковий згусток набуває характерної щільності й однорідності. Кінцеву кислотність контролюють відповідно до марочних стандартів продукту.

Виробництво передбачає регулярний мікробіологічний контроль, зокрема перевірку на бактерії групи кишкової палички. Окрему увагу приділяють санітарному стану обладнання, оскільки мікробіологічні ризики пов'язані переважно з порушенням санітарно-гігієнічних вимог [2; 14].

Згусток у таких йогуртів, якщо порівнювати з йогуртами, отриманими термостатним методом, порушений та має однорідну сметаноподібну консистенцію. Застосування резервуарного методу є економічно доцільним (табл. 1.1).

Узагальнені параметри технологічного процесу виробництва йогурту, наведені в таблиці 1.1, відображають вимоги до складу заквашувальної мікрофлори, теплової обробки сировини, режимів сквашування та показників якості готового продукту.

Таблиця 1.1

Основні параметри технологічного процесу виробництва йогурту

Продукт	Склад мікрофлори закваски	Режим теплової обробки молока	Температура сквашування, °С	Кислотність готового продукту, °Т	Масова частка сухих речовин, %
Йогурт	Термофільні молочнокислі стрептококи та болгарські палички у співвідношенні 1:1	90–95 °С, витримка 2–3 години	40–42	75–140	12,5–20

Ці параметри є базовими для стандартних технологічних схем та

використовуються як орієнтир при розробленні й удосконаленні технологій ферментованих молочних продуктів. На рис. 1.1 наведено узагальнену послідовність технологічних операцій для двох найбільш поширених методів виробництва йогуртів. Схема відображає етапи приймання сировини, пастеризації, гомогенізації, сквашування, охолодження та фасування, що дозволяє візуально окреслити відмінності резервуарного та термостатного способів.

Сучасні технології спрямовані на використання стабілізаторів і гелеутворювачів для контролю текстури (желатин, пектини, модифіковані крохмалі, рослинні волокна); оптимізацію рецептури з урахуванням функціональних властивостей (додавання екстрактів рослин, пребіотиків, харчових волокон); використання сироваткових білкових концентратів (КСБ-УФ), що підвищують в'язкість і біологічну цінність продукту [8; 13]; інтеграцію ризик-менеджменту (реєстр технологічних ризиків, контроль критичних точок виробництва); використання систем автоматизованого контролю температури та кислотності; моделювання реологічних властивостей для вибору оптимальних фруктових наповнювачів [14]

Інноваційні технологічні рішення дозволяють зменшити синерезис, оптимізувати розподіл фруктових компонентів (особливо для термізованих продуктів), регулювати в'язкість і забезпечувати стабільність показників протягом усього терміну зберігання.

Важливою складовою технології йогуртів є заквашувальні мікроорганізми, оскільки саме вони визначають інтенсивність ферментації, формування структури згустку та розвиток характерного смако-ароматичного профілю продукту. У сучасних дослідженнях акцент робиться на підборі культур, здатних забезпечити стабільне сквашування, оптимальну кислотність та необхідні текстурні властивості готового йогурту. На міжнародних галузевих форумах неодноразово наголошувалося на тому, що ефективність технологічного процесу значною мірою залежить від правильного добору мікрофлори та її активності у молочному середовищі [6].

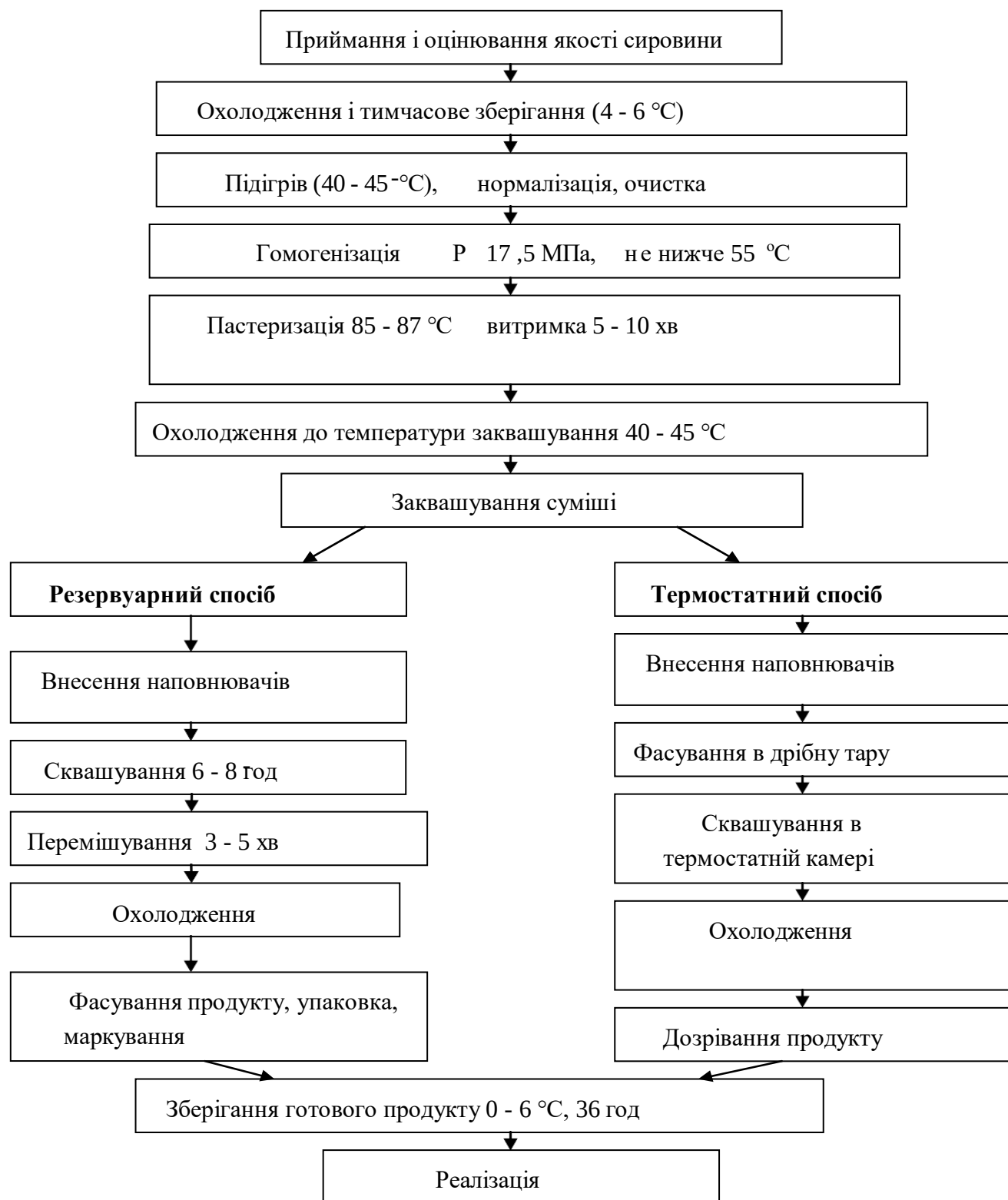


Рис 1.1. Технологічна схема виробництва йогурту резервуарним і термостатним способами [13]

Окрему роль у формуванні функціональних властивостей відіграють біфідобактерії, які беруть участь у регуляції кишкової мікробіоти та покращенні травлення. Наукові праці вказують, що активність як

молочнокислих бактерій, так і біфідобактерій визначається низкою факторів: температурою ферментації, доступністю лактози, здатністю до синтезу екзополісахаридів та стійкістю до кислого середовища [18; 27]. Дослідження механізмів гідролізу лактози сприяли розробленню ферментних препаратів β -галактозидази, які можуть бути використані для створення продуктів із зниженою кількістю лактози та адаптованих для споживачів із її непереносимістю [16];

Важливою складовою технології йогуртів є заквашувальні мікроорганізми, оскільки саме вони визначають інтенсивність ферментації, формування структури згустку та розвиток характерного смако-ароматичного профілю продукту. У сучасних дослідженнях акцент робиться на підборі культур, здатних забезпечити стабільне сквашування, оптимальну кислотність та необхідні текстурні властивості готового йогурту. На міжнародних галузевих форумах неодноразово наголошувалося на тому, що ефективність технологічного процесу значною мірою залежить від правильного добору мікрофлори та її активності у молочному середовищі [6].

Окрему роль у формуванні функціональних властивостей відіграють біфідобактерії, які беруть участь у регуляції кишкової мікробіоти та покращенні травлення. Наукові праці вказують, що активність як молочнокислих бактерій, так і біфідобактерій визначається низкою факторів: температурою ферментації, доступністю лактози, здатністю до синтезу екзополісахаридів та стійкістю до кислого середовища [18; 27]. Дослідження механізмів гідролізу лактози сприяли розробленню ферментних препаратів β -галактозидази, які можуть бути використані для створення продуктів із зниженою кількістю лактози та адаптованих для споживачів із її непереносимістю [16].

Суттєвий потенціал для розширення асортименту йогуртів забезпечують продукти переробки молочної сироватки, які містять біологічно активні пептиди та здатні підвищувати харчову цінність ферментованих напоїв [14; 17]. Вплив окремих технологічних параметрів на

активність біфідобактерій, що застосовуються у виробництві функціональних продуктів, досліджується багатьма науковими групами, що підтверджує актуальність питання стабільності мікрофлори у складних харчових середовищах [19].

На сучасному ринку представлено широкий спектр заквашувальних культур прямого внесення (DVS-культур), що забезпечують стабільність процесу та прогнозовану якість готового продукту. Компанії-лідери галузі пропонують серії спеціалізованих культур для різних типів йогуртів. Наприклад, серії *YoFlex Express*, *YoFlex Advance* та *YoFlex Harmony* дають змогу скоротити тривалість ферментації, покращити густину та однорідність згустку, знизити ризик надмірного підкислення та покращити стабільність продукту під час зберігання, транспортування та коливань температури. Застосування таких культур особливо актуальне при виробництві маложирних йогуртів, де складно досягти кремової консистенції без використання стабілізаторів [9; 31].

Серія *YoFlex Express* характеризується швидким перебігом ферментації, що дає змогу оптимізувати тривалість виробничого циклу без погіршення смаку та текстурних показників. Культури *YoFlex Advance* розроблено для резервуарних йогуртів з низьким вмістом жиру: вони покращують в'язкість та дозволяють зменшити використання білкових концентратів або стабілізаторів. *YoFlex Harmony* орієнтована на виробництво йогуртів зі зниженим вмістом білка у молоці, забезпечуючи необхідну густину та стійкість структури протягом зберігання.

Компанія «Danisco» пропонує культури *YO-MIX 400* та *YO-MIX 800*, які формують вершковий смак без надмірної кислотності та сприяють активному синтезу екзополісахаридів – природних стабілізаторів консистенції, що зменшують потребу у використанні харчових добавок технологічного призначення [7].

Важливим аспектом сучасних технологій є мікробіологічний контроль заквасочних культур, який дозволяє підтвердити їх видовий та штамовий

склад, відповідність стандартам безпеки та потенціал для формування бажаних властивостей йогурту.

Загалом, коректний добір заквасок та контроль активності мікроорганізмів є критичними чинниками, що визначають якість, текстуру, смак і функціональні властивості йогурту. Саме тому сучасні технології спрямовані на оптимізацію складу та активності заквашувальних культур, використання інноваційних ферментативних систем та застосування високоактивних штамів, адаптованих до умов промислового виробництва.

Проведений огляд наукових джерел дав змогу встановити, що технологія виробництва йогуртів ґрунтується на поєднанні традиційних принципів ферментації молока та широкого спектра інноваційних технологічних рішень, спрямованих на підвищення харчової та біологічної цінності продукту. Основу традиційних технологій становлять такі етапи, як пастеризація, гомогенізація, сквашування та охолодження, що забезпечують формування стабільного білкового згустку, характерного смаку й властивості кисломолочним продуктам консистенції. Термостатний і резервуарний методи залишаються базовими технологічними платформами, відрізняючись способом формування згустку та рівнем механічної обробки, що безпосередньо впливає на структурно-механічні властивості готового продукту.

Разом із тим сучасні тенденції вказують на зростання інтересу до інноваційних підходів, зокрема застосування заквасок прямого внесення, біфідо- та пробіотичних культур, ферментних препаратів, харчових волокон і натуральних стабілізаційних систем. Використання таких рішень дозволяє оптимізувати процес ферментації, регулювати кислотність і в'язкість йогурту, формувати більш стійку структуру, мінімізувати ризик відділення сироватки та забезпечувати стабільність показників якості протягом усього терміну зберігання. Особливу увагу приділяють рослинним інгредієнтам та екстрактам, які є джерелом антиоксидантів, фенольних сполук та натуральних ароматичних компонентів, що сприяють створенню продуктів із

функціональними властивостями та підвищеною біологічною активністю.

Перспективи подальшого удосконалення технології виробництва йогуртів полягають у розширенні сировинної бази шляхом використання рослинних екстрактів та біологічно активних добавок, що здатні покращувати органолептичні властивості та збільшувати термін придатності. Доцільним є впровадження високоефективних заквашувальних культур, які забезпечують контрольовану ферментацію та стабільну консистенцію без додаткових стабілізаторів. Значний потенціал має оптимізація технологічних режимів відповідно до активності конкретних штамів, що дає змогу підвищити вихід готового продукту.

РОЗДІЛ. 2.

МЕТОДОЛОГІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – удосконалення технології виробництва йогурту шляхом використання рослинної функціональної добавки – екстракту чебрецю, що дозволить підвищити біологічну цінність, стабільність продукту під час зберігання та поліпшити його сенсорні показники.

Об’єкт дослідження – технологічний процес виробництва йогурту.

Предмет дослідження – технологічні параметри виробництва, рецептурні рішення, властивості сировини та готового продукту у контексті їх удосконалення.

У роботі передбачено використання стандартних **методів** фізико-хімічного, мікробіологічного та органолептичного аналізу, а також аналітичних і розрахункових методів, рекомендованих нормативною документацією та профільними галузевими стандартами.

Заплановано здійснити технологічне проєктування виробництва 2,0 т йогурту з масовою часткою жиру 1,5 %, виготовленого за резервуарним способом з додаванням екстракту чебрецю у концентрації 1,0 %, із застосуванням:

- нормалізатора молока типу НМ-1000,
- пастеризатора ПМР-0,5,
- резервуарного сквашувача РМ-1,0,
- системи охолодження з сорочкою,
- фасувальної машини типу «МолПак–2».

Проектowana технологія передбачає оптимізацію рецептури, етапу введення екстракту, контроль процесів сквашування та забезпечення мікробіологічної безпеки готового продукту.

Для реалізації мети встановлено такі завдання:

1. Провести технологічні розрахунки сировини для виготовлення 2 т ферментованого продукту.
2. Визначити оптимальні концентрації екстракту чебрецю, які не

впливають негативно на ріст молочнокислих бактерій.

3. Сформувати апаратурно-технологічну схему удосконаленого виробництва.

4. Розробити схему технохімічного контролю на всіх стадіях виробництва.

5. Провести аналіз критичних контрольних точок (НАССР) для забезпечення безпечності продукту.

6. Оцінити ефективність та доцільність запропонованих рішень.

З метою удосконалення технології виробництва йогурту було оптимізовано склад продукту, підбрано відповідне обладнання та уточнено основні технологічні параметри процесу. Оптимізація складу передбачала введення екстракту чебрецю після завершення процесу сквашування у концентраціях 0,5 %, 1,0 % та 1,5 %, що дозволяє зберегти його біологічно активні сполуки та мінімізувати вплив на процес ферментації. Молочну основу нормалізували до 1,5 % масової частки жиру, при цьому частку знежиреного молока зменшували з метою компенсації об'єму рослинної добавки та збереження стабільної консистенції продукту.

Для реалізації технологічного процесу використовували стандартне обладнання молокопереробних підприємств, зокрема нормалізатор молока НМ-1000, пастеризатор ПМР-0,5, резервуар для сквашування РМ-1,0, охолоджувальну установку із сорочкою, мішалку лопатевого типу та фасувальну лінію «МолПак–2», що забезпечує герметичне пакування готового продукту.

Технологічні параметри процесу були скориговані з урахуванням властивостей молочної сировини та рослинного екстракту. Пастеризацію проводили за температури 90–92 °С з витримкою 5 хв, після чого здійснювали сквашування за температури 40±5 °С упродовж 4–6 год. Введення екстракту чебрецю здійснювали після охолодження продукту до 25±2 °С з подальшим перемішуванням протягом 3–5 хв, що сприяло рівномірному розподілу добавки без порушення структури йогурту.

Для наочного відображення послідовності основних операцій удосконаленої технології виробництва йогурту з екстрактом чебрецю технологічний процес подано у вигляді блок-схеми (рис. 2.1).

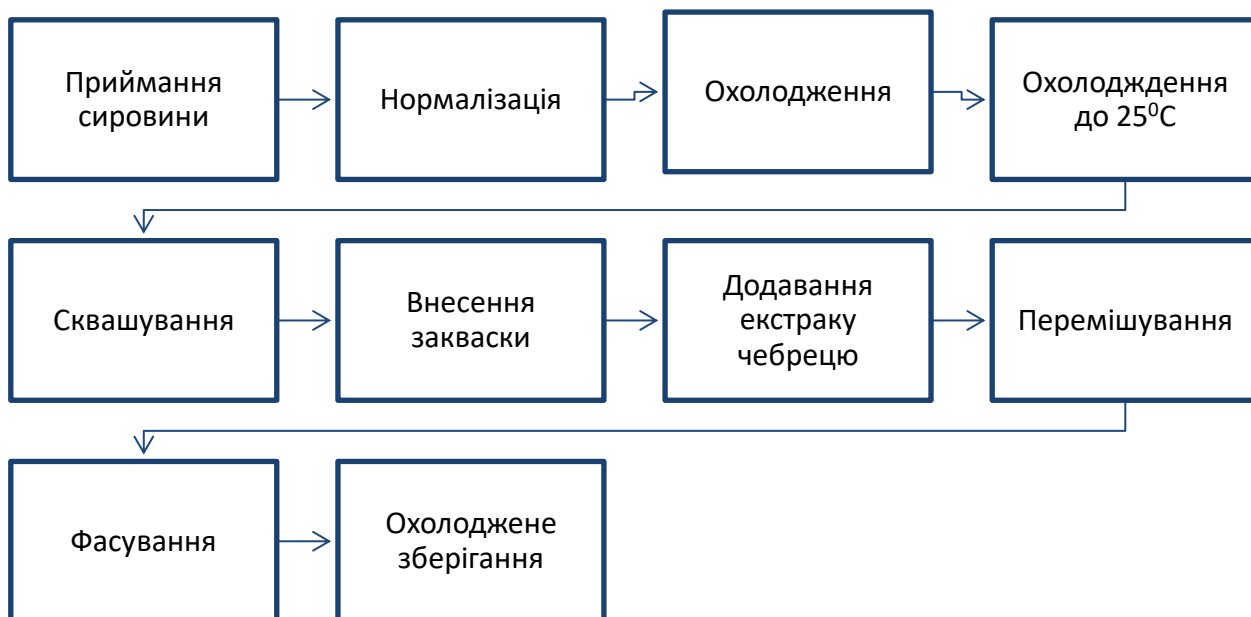


Рис. 2.1. Технологічна схема виробництва йогурту з екстрактом чебрецю

Аналітична частина: аналіз традиційної технології йогуртів; оцінка властивостей заквасочних культур *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*; вивчення властивостей різних видів рослинних екстрактів.

Частина удосконалення технології: підбір сировини відповідно до ДСТУ та галузевих вимог; продуктовий розрахунок на 2 т виробництва; вибір обладнання відповідно до режимів резервуарної технології; встановлення технологічних режимів ферментації; оптимізація етапу внесення екстракту чебрецю.

Аналіз ефективності рішень: порівняння зразків за фізико-хімічними показниками (густина, кислотність, синерезис); оцінка росту молочнокислих бактерій; визначення тривалості зберігання; сенсорний аналіз за 10-бальною шкалою.

Під час виконання роботи використовували стандартні наукові

підходи і чинну нормативно-технічну документацію, а саме:

- оцінювання якості сировини згідно з вимогами ДСТУ 3662, ДСТУ 2661;
- нормування витрат молока і допоміжних інгредієнтів згідно з галузевими нормами витрат сировини;
- контроль молочнокислих мікроорганізмів згідно з ДСТУ IDF 117 та рекомендаціями до MRS-агару;
- визначення кислотності титрометричним методом за ГОСТ 3624;
- виявлення коліформ, дріжджів і пліснявих грибів відповідно до ДСТУ ISO 4832, ДСТУ ISO 6611;
- органолептичний аналіз згідно з ДСТУ 6033.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБЛЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

3.1. Вимоги до сировини та матеріалів

Забезпечення стабільної якості й безпечності йогурту з функціональними добавками безпосередньо залежить від правильно підібраної сировини, заквашувальних культур і допоміжних матеріалів. У межах розроблення удосконаленої технології особливу увагу приділено відповідності всіх компонентів чинним нормативним вимогам, а також їх технологічній придатності до процесів пастеризації, ферментації та подальшого зберігання продукту.

Нормативні вимоги

Сировина та матеріали, що використовуються у виробництві йогурту, повинні відповідати вимогам національних стандартів і санітарно-гігієнічних норм, зокрема:

- ДСТУ 3662:2018 – щодо якості коров'ячого молока-сировини [7];
- ДСТУ 4343:2004 – щодо показників безпечності та якості йогуртів [10];
- ДСП 4.4.4.011-98 – щодо санітарних вимог до молокопереробних підприємств [9];
- вимог системи управління безпечністю харчових продуктів ISO 22000 [8].

Дотримання зазначених нормативів є обов'язковою умовою стабільності технологічного процесу та отримання продукту з прогнозованими споживними характеристиками.

Базовою сировиною для виробництва йогурту є коров'яче молоко. Для формування продукту з масовою часткою жиру 1,5 % у рецептурі використовують суміш незбираного та знежиреного молока, а також сухе знежирене молоко з метою нормалізації вмісту сухих речовин.

Молоко-сировина повинно бути свіжим, без сторонніх запахів і

присмаків, мати кислотність у межах 16–18 °Т, не містити інгібувальних речовин (антибіотиків, консервантів, нейтралізаторів) і відповідати мікробіологічним нормативам. Сухе знежирене молоко має характеризуватися доброю розчинністю, однорідною консистенцією та масовою часткою жиру не більше 1,0 %. Рецептний склад йогурту жирністю 1,5 % наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Рецептурний склад йогурту жирністю 1,5 %

Сировина	Витрати на 1000 кг йогурту, кг
Молоко незбиране (3,8 % жиру)	640
Молоко знежирене (0,05 % жиру)	256
Молоко сухе знежирене (1,0 % жиру)	35
Цукор-пісок (99,8 % сахарози)	69
Усього сировини	1000
Закваска прямого внесення	0,02

Ферментація йогуртової основи здійснюється із застосуванням заквасок прямого внесення, що містять симбіотичні культури *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Дані мікроорганізми забезпечують молочнокислий процес, формування згустку та розвиток смако-ароматичних властивостей продукту.

У ході дослідження було проаналізовано технологічні характеристики трьох поширених заквасок, які використовуються на вітчизняних молокопереробних підприємствах:

- FD DVS YF-L811 (Yo-Flex, Chr. Hansen) – характеризується високою кислотоутворювальною активністю, здатністю формувати стабільний згусток та мінімальною схильністю до синерезису;

- YO-Mix 601 (Danisco/DuPont) – забезпечує щільну структуру згустку з вираженим ароматичним профілем, проте за певних умов можливе незначне

відділення сироватки;

- Jointec X3 – формує рівномірний згусток середньої в'язкості, який є стабільним за дотримання рекомендованих режимів ферментації.

Вплив заквасок і тривалості ферментації

Експериментально встановлено, що тип закваски та тривалість сквашування істотно впливають на процес згусткоутворення. На початкових етапах ферментації (до 210 хв) у дослідних зразках не спостерігалось формування стабільного згустку, що свідчить про недостатню інтенсивність молочнокислого процесу.

Початкові ознаки структуроутворення фіксувалися після 240–270 хв сквашування, однак згусток мав нестійкий характер. Найбільш сприятливі результати щодо формування щільної та однорідної структури були досягнуті при тривалості ферментації 330–360 хв, особливо при використанні заквасок YO-Mix 601 та Jointec X3.

Разом із тим, комплексна оцінка технологічних показників показала, що закваска FD DVS YF-L811 забезпечує оптимальне поєднання інтенсивного кислотонакопичення, стабільної текстури та низького рівня синерезису. Оптимальними параметрами сквашування визначено температуру 40 ± 5 °C та тривалість 4–6 год, що забезпечує формування гомогенного згустку з прогнозованими структурно-механічними властивостями.

Отже, аналіз нормативних вимог, складу сировини та властивостей заквашувальних культур засвідчив, що для виробництва йогурту з функціональними добавками доцільно використовувати високоякісну молочну сировину та закваску FD DVS YF-L811. Застосування зазначених компонентів створює необхідні передумови для стабільного перебігу ферментації, формування щільної консистенції та мінімізації синерезису в готовому продукті.

3.1. Продуктовий розрахунок

Розроблення рецептури йогурту з екстрактом чебрецю передбачає виконання продуктового розрахунку, який забезпечує стабільність складу готового продукту, дотримання заданої масової частки жиру та контроль впливу рослинної добавки на перебіг ферментації. Особливе значення має визначення такої концентрації екстракту чебрецю, яка поєднує функціональну ефективність із технологічною безпечністю та не порушує активність заквасочних культур.

Йогурт як кисломолочний продукт формується внаслідок життєдіяльності *Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Водночас екстракт чебрецю містить біологічно активні сполуки з антимікробними властивостями, що за надмірних концентрацій можуть пригнічувати ріст молочнокислих бактерій, сповільнювати процес кислотоутворення та впливати на формування згустку. У зв'язку з цим продуктовий розрахунок є необхідним етапом обґрунтування рецептури.

На підставі аналізу літературних джерел і результатів попередніх органолептичних досліджень для подальших розрахунків було обрано концентрацію екстракту чебрецю 1,0 % від маси готового продукту. Така концентрація забезпечує виражені функціональні властивості йогурту та водночас не спричиняє критичного пригнічення заквасочної мікрофлори.

Масу екстракту чебрецю визначали за формулою:

$$m_e = M \cdot C / 100, \text{ де}$$

m_e – маса екстракту, кг;

M – маса готового продукту, кг;

C – концентрація екстракту, %.

Для виробництва 1000 кг йогурту з масовою часткою екстракту 1,0 %:

$$m_e = 1000 \cdot 1,0 / 100 = 10 \text{ кг}$$

Отже, до складу йогурту необхідно внести 10 кг екстракту чебрецю.

З метою збереження загальної маси продукту (1000 кг) введення екстракту компенсували пропорційним зменшенням кількості знежиреного молока. У контрольному зразку його кількість становила 516 кг, тому після

введення 10 кг екстракту чебрецю кількість знежиреного молока зменшено до:

$$516 - 10 = 506 \text{ кг}$$

Інші компоненти рецептури залишалися без змін, що забезпечує коректність порівняння контрольного та дослідного зразків.

Таблиця 3.3

Рецептура йогурту жирністю 1,5 % з екстрактом чебрецю

(витрати сировини на 1000 кг продукту)**

Сировина	Контроль, кг	Йогурт з 1,0 % екстракту чебрецю, кг
Молоко 3,8 % жирності	380	380
Молоко знежирене 0,05 %	516	506
Молоко сухе знежирене 1,0 %	35	35
Цукор-пісок (99,8 % сахарози)	69	69
Екстракт чебрецю	—	10
Усього сировини	1000	1000
Закваска прямого внесення	0,02	0,02

Збільшення титрованої кислотності під час ферментації є наслідком інтенсивної життєдіяльності молочнокислих бактерій. Для класичного йогурту оптимальний рівень титрованої кислотності становить **80–85 °Т**, що забезпечує формування стабільної консистенції та характерного кисломолочного смаку.

Експериментальні дані свідчать, що при концентрації екстракту чебрецю **1,0 %** процес кислотоутворення дещо сповільнюється: через 300 хв ферментації титрована кислотність досягала приблизно **74 °Т**, що нижче порівняно з контрольним зразком. Це підтверджує дозозалежний вплив

біологічно активних компонентів чебрецю на метаболічну активність заквасочних культур.

Проведений продуктовий розрахунок показав, що введення екстракту чебрецю у кількості **1,0 % (10 кг на 1000 кг продукту)** є технологічно обґрунтованим за умови коригування кількості знежиреного молока. Отримані результати свідчать про доцільність використання екстракту чебрецю в концентраціях **0,5–1,0 %**, а також про можливість його внесення після завершення ферментації з метою збереження стабільності кислотоутворення та мікробіологічних показників йогурту.

3.3. Апаратурно-технологічне забезпечення

Удосконалення технології ферментованих молочних продуктів потребує відповідного апаратурного та технічного забезпечення, яке гарантує стабільність параметрів процесу та безпечність готового продукту. Для виробництва йогурту, збагаченого екстрактом чебрецю, застосовується комплекс устаткування, що забезпечує повний цикл технологічних операцій від приймання та підготовки сировини до фасування та охолодженого зберігання.

До основного обладнання технологічної лінії належать:

1. Резервуари для тимчасового зберігання та нормалізації молока. Використовуються ізотермічні горизонтальні ємності, оснащені мішалками та термодатчиками, що дозволяють підтримувати необхідну температуру та забезпечують рівномірність суміші.

2. Пластинчасті пастеризатори-охолоджувачі. Застосовуються для високотемпературної обробки молока (85–92 °C), що забезпечує знищення небажаної мікрофлори та створює оптимальні умови для подальшої ферментації.

3. Гомогенізатори високого тиску. Процес гомогенізації при 55–60 °C та тиску 17,5 МПа формує дрібнодисперсну жирову фазу, підвищує стабільність структури згустку та запобігає синерезису.

4. Ферментаційні резервуари (резервуарний метод). Ці ємності обладнані системами автоматичного контролю температури (40 ± 5 °C), циркуляційними мішалками та сорочками для охолодження. Саме в них відбувається сквашування нормалізованої суміші.

5. Дозувальні пристрої для внесення екстракту чебрецю. Дозатори забезпечують точне введення фітодобавки у вже охолоджений згусток після завершення ферментації, що дозволяє уникнути пригнічення молочнокислих бактерій на етапі їх активного росту.

6. Фасувально-пакувальні автомати. Застосовуються для розливу готового продукту у пластикову або полімерну тару з подальшим герметичним запаюванням.

7. Камери завершального охолодження та зберігання. Температурний режим $0...4$ °C забезпечує стабілізацію структури продукту, запобігає надмірному накопиченню молочної кислоти та підтримує безпеку протягом усього терміну придатності

Таке апаратурно-технологічне забезпечення гарантує стабільність процесів, необхідну мікробіологічну безпеку, рівномірність структури йогурту та належні органолептичні показники готового продукту.

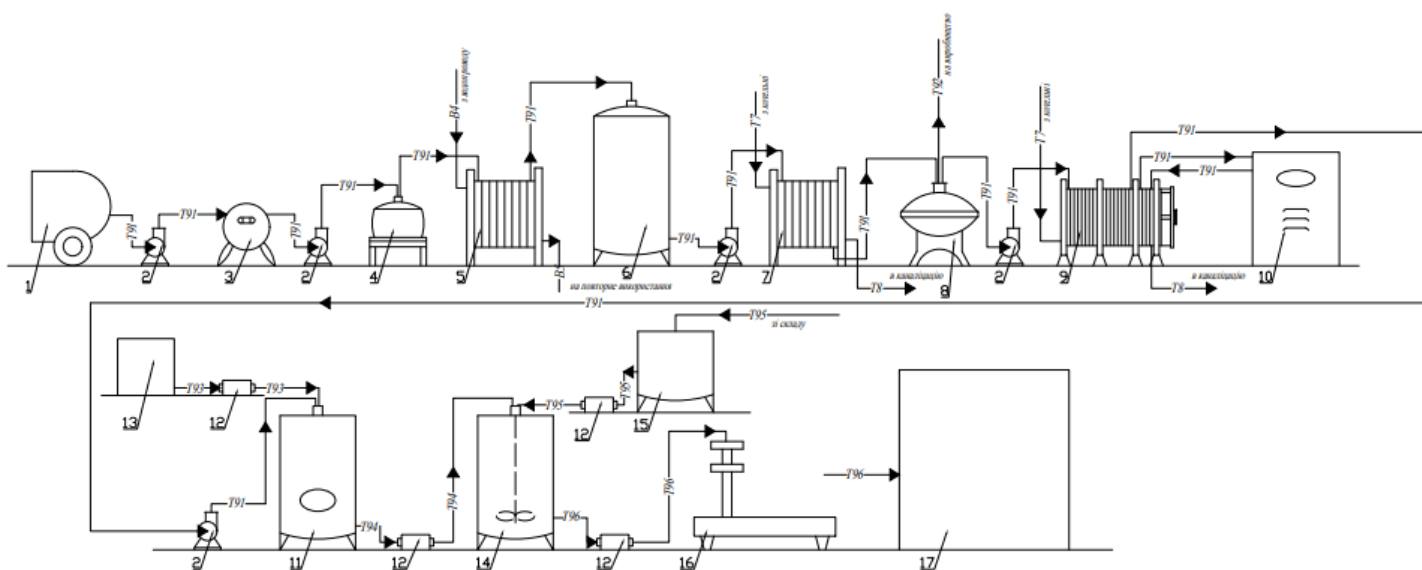


Рис. 3.1. Апаратурно-технологічна схема виробництва йогурту: 1 – автоцистерна для приймання молочної сировини; 2 – відцентровий насос; 3 – лічильник; 4 – сепаратор-молокоочисник; 5 – пластинчастий охолоджувач; 6 – резервуар для молока;

7 – пластинчастий підігрівач; 8 – сепаратор-нормалізатор; 9 – пастеризаційно-охолоджувальна установка; 10 – гомогенізатор; 11 – резервуар для кисломолочних продуктів; 12 – роторний насос; 13 – заквашувач; 14 – резервуар для змішування; 15 – резервуар для наповнювача; 16 – фасувально-пакувальний автомат; 17 – холодильна камера.

3.4. Опис технології

Одним із важливих етапів удосконалення технології стало вивчення змін, що відбуваються у йогурті під час зберігання, оскільки екстракт чебрецю, відповідно до літературних джерел, володіє значним антиоксидантним та антимікробним потенціалом [5]. Ефірні олії чебрецю, зокрема тимол та карвакрол, розглядаються як природні консерванти, здатні пригнічувати ріст небажаної мікрофлори та сповільнювати окисні процеси у харчових продуктах.

Метою дослідження було оцінити, як додавання екстракту чебрецю у різних концентраціях впливає на біохімічні та мікробіологічні властивості йогурту протягом зберігання при температурі $4 \pm 0,5$ °C.

Основні результати аналізу:

- У контрольному йогурті (без екстракту) кислотність зростала найшвидше – за весь період значення збільшилося приблизно на 34,5 °T.

У зразку з 1,0 % екстракту приріст кислотності був на 10 °T нижчим, ніж у контролі.

Найменший приріст спостерігався у зразку з 1,5 % екстракту – близько 10 °T за весь період, що майже на 24 °T нижче порівняно з контролем.

Такі закономірності вказують, що ефірні олії чебрецю пригнічують активність молочнокислих бактерій, знижуючи інтенсивність синтезу молочної кислоти та уповільнюючи подальше підкислення продукту.

Зразок з 0,5 % екстракту практично не відрізнявся від контролю, що свідчить про безпечність такої концентрації щодо нормального перебігу післяферментаційних процесів. На основі отриманих експериментальних

результатів було сформовано узагальнену технологічну модель виробництва йогурту з додаванням екстракту чебрецю. Процес побудований на базі класичної резервуарної технології, однак має окремі особливості, пов'язані з етапом внесення рослинної добавки (рис. 3.2).

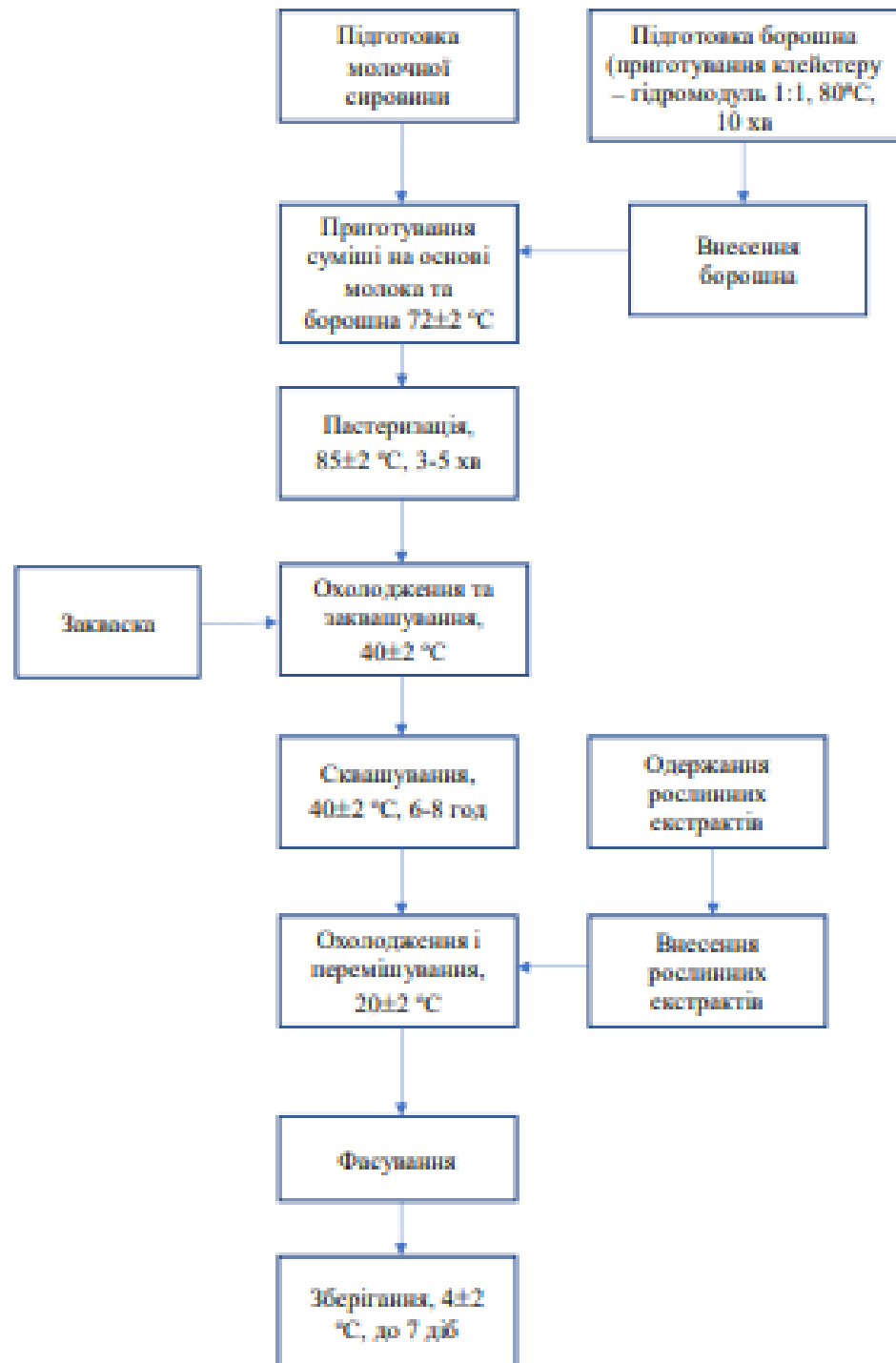


Рис. 3.3. Технологічна схема приготування йогуртів збагачених екстрактом чебрецю

Після підготовки та нормалізації молочної суміші у виробничий резервуар подається закваска. Її введення здійснюється у безперервному потоці через спеціальні дозувальні вузли, що гарантують точність дозування. Після надходження закваски суміш ретельно перемішують упродовж 5–10 хв, що забезпечує рівномірний розподіл мікроорганізмів у масі.

Сквашування відбувається за температури близько 40 ± 5 °С. Після короткого періоду перемішування суміші забезпечується стан спокою, необхідний для формування щільного згустку. Оптимальні показники кислотності готового продукту мають досягати приблизно 75 °Т, що зазвичай спостерігається через 4–5 год від початку ферментації.

Після завершення сквашування проводять охолодження згустку. Температуру знижують до приблизно 25 ± 2 °С, використовуючи циркуляцію холодної води у міжстінному просторі апарата. На цьому етапі у продукт вносять попередньо підготовлений екстракт чебрецю. Далі масу перемішують до повної однорідності, забезпечуючи рівномірне розподілення рослинної добавки в усьому об'ємі.

Перед фасуванням йогурт додатково перемішують протягом 3–5 хв, після чого здійснюють розлив у споживчу тару. Процес фасування може проводитися на будь-яких відповідних лініях, що відповідають чинним технічним вимогам та стандартам для молочних продуктів.

РОЗДІЛ 4. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ПРОДУКТУ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Забезпечення якості та безпечності ферментованих молочних продуктів є ключовою умовою їх стабільного виробництва та відповідності вимогам нормативно-технічної документації. Контроль безпечності йогурту з екстрактом чебрецю здійснювали з урахуванням органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників, а також із застосуванням елементів технологічного й мікробіологічного контролю та принципів системи НАССР.

Оцінювання якості готового продукту проводили відповідно до чинних стандартів на ферментовані молочні продукти. Органолептичний аналіз показав, що внесення екстракту чебрецю у концентраціях 0,5–1,0 % забезпечує формування гармонійного кисломолочного смаку, однорідної в'язкої консистенції та приємного пряного аромату. Підвищення концентрації екстракту до 1,5 % зумовлювало посилення рослинних і терпких нот, що негативно впливало на загальне сенсорне сприйняття продукту. Найвищу дегустаційну оцінку отримав зразок із вмістом екстракту чебрецю 1,0 %, який характеризувався збалансованим смаком і стабільною структурою.

Фізико-хімічний контроль засвідчив відповідність усіх дослідних зразків нормативним значенням титрованої кислотності. При цьому встановлено, що зі збільшенням концентрації екстракту чебрецю зменшується інтенсивність накопичення молочної кислоти, що пов'язано з антимікробними властивостями фенольних сполук рослинного походження. Після тривалого зберігання зразки з екстрактом характеризувалися нижчими показниками кислотності порівняно з контролем, що позитивно впливало на смакову стабільність продукту.

Мікробіологічні дослідження показали, що вміст життєздатних молочнокислих бактерій у йогуртах з екстрактом чебрецю відповідав вимогам стандартів протягом усього періоду зберігання. Важливим результатом є відсутність у дослідних зразках коліформних бактерій,

дріжджів і пліснявих грибів, тоді як у контрольному йогурті їх поява спостерігалася на пізніших етапах зберігання. Це підтверджує природний консервуючий ефект екстракту чебрецю та його позитивний вплив на мікробіологічну стабільність продукту.

Узагальнені показники якості готового йогурту з екстрактом чебрецю наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Показники якості йогурту з екстрактом чебрецю

Показник	Нормативні вимоги	Контроль	0,5 % екстракту	1,0 % екстракту	1,5 % екстракту
Зовнішній вигляд	Однорідна маса без газоутворення	Однорідний	Однорідний	Однорідний	Однорідний, легкі рослинні включення
Колір	Від білого до кремового	Білий	Білий	Кремово-білий	Кремовий
Смак і аромат	Чистий кисломолочний	Кисломолочний	Легкий трав'яний	Збалансований, виражений аромат	Терпкуватий, домінує рослинний
Консистенція	В'язка, однорідна	Щільна	В'язка	Найкраща однорідність	Помірне ущільнення
Кислотність, °Т (1 доба)	75–85	80	79	78	76
Кислотність, °Т (27 діб)	≤ 120	114,5	111,0	103,5	90,2

З метою запобігання можливим небезпекам на всіх етапах виробництва доцільним є впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР. У процесі аналізу технології виготовлення йогурту було визначено основні критичні контрольні точки,

контроль яких забезпечує мінімізацію мікробіологічних, фізичних та хімічних ризиків (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Критичні контрольні точки виробництва йогурту з екстрактом чебрецю (НАССР)

Етап технологічного процесу	Потенційна небезпека	Критичний параметр	Спосіб контролю
Приймання молока	Мікробіологічне забруднення	Температура $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$	Температурний контроль
Пастеризація	Недостатня інактивація мікрофлори	$90\text{--}92\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5 хв	Терморегуляція
Сквашування	Порушення процесу ферментації	$40 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Контроль температури
Внесення екстракту	Передозування	$\leq 1,0\text{ }\%$	Ваговий контроль
Фасування	Вторинне забруднення	Санітарний стан	Візуальний контроль

Важливою складовою сучасного харчового виробництва є екологізація технологічних процесів. Виробництво йогурту з екстрактом чебрецю характеризується відносно низьким рівнем негативного впливу на довкілля, однак потребує раціонального використання ресурсів. Основними джерелами екологічного навантаження є стічні води після санітарної обробки обладнання, споживання теплової енергії на пастеризацію та утворення пакувальних відходів.

З метою зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище доцільно впроваджувати замкнуті системи водопостачання, використовувати енергоощадне обладнання та застосовувати пакувальні матеріали, придатні до вторинної переробки. Використання екстракту чебрецю як натурального інгредієнта дозволяє знизити потребу у синтетичних консервантах, що відповідає принципам екологічно орієнтованого та сталого виробництва.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВКАЗАТИ

ЕКОНОМІЧНУ ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

Економічну ефективність удосконаленої технології виробництва йогурту з екстрактом чебрецю оцінювали на основі продуктових розрахунків, виконаних відповідно до фактично використаної сировини на 1000 кг готового продукту. Базою для розрахунків слугувала рецептура йогурту жирністю 1,5 % з додаванням 1,0 % екстракту чебрецю, яка була обґрунтована у розділі 3 як оптимальна з технологічної та споживчої точок зору.

Вихід готового продукту становить 1000 кг йогурту. Введення екстракту чебрецю в кількості 10 кг (1,0 %) компенсувалося зменшенням частки знежиреного молока, що дозволило зберегти загальну масу продукту та стабільність фізико-хімічних показників.

Для економічного обґрунтування використано середні ринкові ціни на сировину (станом на сучасні умови молокопереробної галузі) (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вартісний розрахунок сировини на 1000 кг йогурту

Сировина	Кількість, кг	Середня ціна, грн/кг	Вартість, грн
Молоко незбиране 3,8 %	380	14,0	5320
Молоко знежирене 0,05 %	506	11,0	5566
Молоко сухе знежирене	35	90,0	3150
Цукор-пісок	69	28,0	1932
Екстракт чебрецю	10	160,0	1600
Закваска (0,02 кг)	—	—	320
Разом	—	—	17 888 грн

Для порівняння, собівартість сировини традиційного йогурту без екстракту (без 10 кг чебрецю і з більшим вмістом знежиреного молока) становить у середньому 16 600–16 800 грн / 1000 кг. Таким чином, додаткові

витрати на удосконалену рецептуру складають близько +1 100–1 300 грн, або 6,5–7,5 %.

Збільшення собівартості компенсується такими чинниками:

- можливістю реалізації продукту як функціонального йогурту;
- підвищенням відпускної ціни в середньому на 10–15 %;
- зниженням мікробіологічних втрат завдяки антимікробній дії чебрецю;
- подовженням терміну зберігання, що зменшує списання продукції;
- відсутністю потреби у додаткових капіталовкладеннях у виробниче обладнання.

За умови реалізації 1000 кг йогурту навіть із мінімальним підвищенням ціни на 2,5–3,0 грн/кг, додатковий дохід становить 2500–3000 грн, що перекидає додаткові витрати на сировину та формує чистий економічний ефект.

Таким чином, проведені продуктові та вартісні розрахунки підтверджують, що удосконалення технології йогурту шляхом введення екстракту чебрецю у кількості 1,0 % є економічно доцільним. Запропонована технологія забезпечує підвищення споживчої цінності продукту, розширення асортименту та зростання конкурентоспроможності без суттєвого збільшення собівартості виробництва.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було комплексно досліджено можливість удосконалення технології виробництва йогурту жирністю 1,5 % шляхом використання рослинної функціональної добавки — екстракту чебрецю. Досягнуто поставленої мети та виконано всі визначені завдання дослідження.

На основі аналізу науково-технічної літератури та чинної нормативної документації встановлено, що сучасні тенденції розвитку молочної галузі спрямовані на розширення асортименту ферментованих продуктів функціонального призначення з використанням натуральних рослинних інгредієнтів. Екстракт чебрецю є перспективною добавкою завдяки вираженим антимікробним і антиоксидантним властивостям.

Обґрунтовано вимоги до основної та допоміжної сировини, а також до стартових заквасочних культур. Встановлено, що якість молочної сировини, стабільність штамового складу заквасок та дотримання оптимальних параметрів сквашування є визначальними чинниками формування структури, смаку й безпечності готового продукту.

На підставі продуктових розрахунків розроблено рецептуру йогурту жирністю 1,5 % з різними концентраціями екстракту чебрецю. Визначено, що оптимальною з технологічної та сенсорної точок зору є концентрація 1,0 %, яка забезпечує збалансований смак, однорідну консистенцію та стабільні фізико-хімічні показники.

Експериментально встановлено, що введення екстракту чебрецю впливає на перебіг процесу кислотоутворення. За концентрацій 0,5–1,0 % не спостерігалось суттєвого пригнічення активності молочнокислих бактерій, тоді як при 1,5 % фіксувалося сповільнення ферментації та зниження інтенсивності накопичення титрованої кислотності.

Проведена оцінка якості готового продукту показала, що йогурт з екстрактом чебрецю у межах 0,5–1,0 % відповідає вимогам нормативної

документації за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Встановлено також природний консервуючий ефект екстракту, що проявляється у стримуванні розвитку сторонньої мікрофлори під час зберігання.

Розглянуто питання контролю безпечності та якості продукції з урахуванням принципів НАССР. Визначено критичні контрольні точки технологічного процесу та запропоновано заходи екологізації виробництва, спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Економічні розрахунки підтвердили доцільність упровадження удосконаленої технології. Незначне підвищення собівартості компенсується зростанням споживчої цінності продукту, можливістю його позиціонування як функціонального та підвищенням відпускної ціни.

ПРОПОЗИЦІЇ

На підставі отриманих результатів дослідження доцільно рекомендувати такі практичні напрями впровадження та подальшого розвитку:

1. Запровадити удосконалену технологію виробництва йогурту з екстрактом чебрецю у кількості 1,0 % на молокопереробних підприємствах без потреби у зміні основного технологічного обладнання.
2. Використовувати екстракт чебрецю як натуральний функціональний інгредієнт і часткову альтернативу синтетичним консервантам з метою підвищення мікробіологічної стабільності продукту.
3. Рекомендувати розроблену рецептуру для виробництва продукції оздоровчого та профілактичного призначення з подальшим маркуванням як функціонального кисломолочного продукту.
4. У подальших дослідженнях доцільно вивчити вплив екстракту чебрецю на збереження біологічної активності йогурту протягом усього терміну зберігання, а також дослідити можливість поєднання чебрецю з іншими рослинними екстрактами.

5. Перспективним є проведення маркетингових досліджень щодо споживчого попиту на йогурти з рослинними добавками та оцінка економічної ефективності їх масштабного промислового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрушків К.В. Розробка технології йогурту з екстрактом чебрецю. Тернопіль: Навчальний посібник. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. 82 с.
2. Бартковський І.І., Поліщук Г.Є., Гудз І.С., Туровська Л.Л. Технологія йогуртів: навч.посіб. К, 2010. 248 с.
3. Берник І. М. Модель управління технологічним процесом ультразвукового кавітаційного вилучення пектину з рослинної сировини Вібрації в техніці та технологіях, 2011. № 1 (61). С. 133-139.
4. Власенко В.В. Комбіновані кисломолочні напої на основі пробіотичних культур і рослинних екстрактів Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Тернопіль, 2013. С. 141- 142. 7. Власенко В.В. Напій кисломолочний лікувально-профілактичної спрямованості Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 2015. С. 25-26.
5. Грек.О. В., Красуля О.О. Молокопереробка. Інновації: підручник. К.: НУХТ, 2017. 390 с.
6. Дослідження впливу фітокомпозиції антиоксидантної дії на комплексну оцінку якості йогурту/ І. Ю. Гойко, Н. О. Стеценко// Наукові праці НУХТ 2022. Том 28, № 2. С. 163-172ДСТУ 3662:2018. Молоко коров'яче-сировина. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 12 с.
7. ДСТУ ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT). Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 46 с.
8. ДСП 4.4.4.011-98. Санітарні правила для підприємств молочної промисловості. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1998. 34 с.
9. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. Дата початку дії, 01.10.2005. [Чинний від 20.09.2004] Вид. офіц. Київ, 2005. 11 с.
10. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І Технологія харчових

продуктів: Підручник . За ред.. д-ра техн.. наук, проф. А.І.Українця. К.: НУХТ, 2003. 572 с.

11. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв. Підручник. К.: Вища школа. 2005. 423 с.
12. Калініна, Г.П. Натуральний продукт -- запорука здоров'я. Молокопереробка, 2007. № 9. С. 20-21. 1
13. Козаченко О.Б. ДСТУ Йогурти. Загальні технічні умови Молокопереробка, 2006. № 1. С. 28-29.
14. Кравцова, О. В. Удосконалена технологія виготовлення йогуртного напою збагаченого харчовим волокном "FIBREGAM. Молокопереробка. К.: ТОВ СЕЕМ, 2010. № 3 (54). С. 10-13.
15. Крижак Л.М. Дослідження основних факторів на формування органолептичних властивостей кисломолочних напоїв з ехінацеєю лікарською. Збірник наукових праць ВНАУ, 2013. Вип. 11 (65). С. 276--282.
16. Крижак Л.М. Обґрунтування складу заквашувальної композиції для виробництва йогурту функціонального призначення. Харчова наука і технологія. 2015. №2. – С. 7--14.
17. Кугенев П. В. Молочна справа: підручник. К.: Урожай, 2000. 296 с. 20. Луговський О.Ф. Використання фізичних полів для гідролізуекстракції протопектину рослинної сировини. Вибірці в техніці та технологіях, 2008. №3 (52). С. 92--100
18. Розробка інструкції щодо технологічної мийки та санітарної обробки обладнання молочних підприємств звіт про НДР: 89.09 (ДР 0109U002638) К.: Технологічний інститут молока і м'яса НАНУ, 2010. 14 с.
19. Міхеєнко О. І. Основи раціонального та оздоровчого харчування : навч. посіб. Суми : Університетська книга. 2013. 184 с.
20. Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання: ДСТУ 7357:2013. [Чинний від 2013--08--22]. К.: Мінекономрозвитку України, 2014. -- 34, [3] с. -- (Національний стандарт України).
21. Молоко і молочні продукти. Готування проб і розведень для

- мікробіологічного дослідження: ДСТУ IDF 122C:2003. [Чинний від 2005–01–01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с. (Національний стандарт України).
- 22.. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови : ДСТУ 3662-2018. [Чинний від 2019–01–01]. К.: Держспоживстандарт України. 2020. 14 с. (Національний стандарт України).
23. Некрасов П. О. Інноваційна технологія біфідовмісних комбінованих кисломолочних напоїв функціонального призначення. Харчова наука і технологія. 2014. № 2. С. 49-56.
24. Патент 47866 Україна МПК А 23L 1/0524 / Спосіб вилучення пектину з пектиновмісної сировини / О.Ф. Луговський, І.М. Берник, І.О. Крапивницька; заявник та власник патенту Вінницький держ. аграрний ун-т – №200909435; заявл. 14.09.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4/2010
25. Соломон А.М. Обґрунтування напрямів розвитку функціональних молочних продуктів. Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» 2(97) Вінниця, 2017. С. 85-90.
26. Соломон А.М. Функціональні харчові продукти з наповнювачами Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка енергетика транспорт АПК». Вінниця, 2016. №3(95). С.106-109.
27. Старовойтова А.А. Мікробіологія молока і молочнокислих продуктів. Біла Церква: Навчальний посібник. НАУ, 2017. 153 с.
28. Товажнянський Л. Л. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: Підручник К.: Центральної літератури, 2006. 497 с.
29. Янковський, Д.С. Пропіоновокислі бактерії в склад біологічно активних препаратів і кисломолочних продуктів. Вісн. аграр. наук, 2007. № 7. С. 65.
30. Agnan Marie. Enzymatic production of pectic oligosaccharides from polygalacturonic acid with commercial pectinase preparations. Food and bioproducts processing, 2012. №90. P. 588–596.
31. Novgorodsk N. Development of resource-saving technologies of cheeses Global Science and Innovation. Materials of the VII International Scientific Conference,

Chicago, March 23-24th, 2016 / publishing office Accent Graphics comm.
unications Chicago USA, 2016. С. 208-212. №200909435; заявл. 14.09.2009;
опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4/2010

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned in the upper right quadrant of the page.