

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » грудня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

із спеціальності **181 «Харчові технології»**
(шифр та назва спеціальності)

на тему: «Удосконалення технології безалкогольного ферментованого напою "Комбуча" з використанням нетрадиційної сировини»

Виконав:

здобувач 2 курсу,
групи ТБ-2-8М

(підпис)

МАЛКІН Роман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

(підпис)

ПРИБИЛЬСЬКИЙ Віталій Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент

(підпис)

ДУЛЬКА Ольга Степанівна

(прізвище та ініціали)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Роман МАЛКІН
(підпис)

Київ НУХТ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній ступінь – магістр

Спеціальність – 181 «Харчові технології»

Освітня програма – «Технології продуктів бродіння і виноробства»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів ферментація і виноробства

Анатолій КУЦ

28 серпня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Малкіну Роману Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення технології безалкогольного ферментованого напою "Комбуча" з використанням нетрадиційної сировини»

Керівник роботи Прибильський В. Л., д.т.н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу 10 жовтня 2025 р. № 332-КС

2. Строк подання роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

3.2. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи

3.3. Результати власних досліджень.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Титульна сторінка. Завдання на роботу. Зміст. Анотація. Вступ. 1. Використання нетрадиційної сировини у технології комбучі (аналітичний огляд). 2. Матеріали, методи та методика досліджень. 3. Дослідження використання чаю анчан у технології комбучі (експериментальна частина). 4. Оптимізація технологічного процесу. 5. Соціально-економічна ефективність. 6. Охорона праці. 7. Цивільний захист.

5. Перелік графічного матеріалу

Таблиці з результатами досліджень – 13 шт.

Графіки з результатами досліджень – 13 шт.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 23 червня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук та підготовка аналітичного огляду за темою дослідження	13.10.-18.10.25	виконано
2.	Складання планів експериментів, організація робочого місця, підбір і опанування методиками визначення показників якості та статистичної обробки отриманих результатів	19.10.-21.10.25	виконано
	1-а атестація	21.10.2025	виконано
3.	Експериментальні дослідження з підбору нетрадиційної сировини для виробництва комбучі	22.10.-24.10.25	виконано
4.	Експериментальні дослідження технологічного процесу виробництва комбучі з використанням чаю анчан показників напою	25.10.-27.10.25	виконано
5.	Підготовка розділу з цивільного захисту та погодження його з керівником	28.10.-29.10.25	виконано
	2-а атестація	29.10.25	виконано
6.	Підготовка розділу охорони праці та погодження його з керівником	30.10.-31.10.25	виконано
7.	Оптимізація технологічного процесу	01.11.-04.11.25	виконано
8.	Визначення соціально-економічної ефективності роботи	05.11.-07.11.25	виконано
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи	08.11.-20.11.25	виконано
10.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	21.11.-14.11.25	виконано
11.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	25.11.-29.11.25	виконано
12.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	30.11.-10.12.25	виконано
	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Керівник роботи, професор

Роман МАЛКІН

Віталій ПРИБИЛЬСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Малкін Роман Сергійович «Удосконалення технології безалкогольного ферментованого напою "Комбуча" з використанням нетрадиційної сировини». Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів ферментація і виноробства». Національний університет харчових технологій, Київ, 2025.

В кваліфікаційній роботі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, щодо використання нетрадиційної сировини у технології комбучі.

Завдання роботи полягало в обґрунтуванні та виборі нетрадиційної сировини для виробництва комбучі на її основі.

У роботі наведено результати експериментальних досліджень підбору нетрадиційної сировини при виробництві комбучі, зокрема, дослідження спрямовані на обґрунтування доцільності використання нетрадиційної рослинної сировини — чаю анчан (*Clitoria ternatea*) — у технології виробництва ферментованого напою комбучі.

В роботі обґрунтовано технологічні режими приготування настою чаю анчан як перспективної рослинної сировини для виробництва ферментованих напоїв. Досліджено вплив температурних параметрів екстракції на повноту вилучення біологічно активних речовин та органолептичні властивості настою, визначено оптимальний температурний режим і підібрано раціональну концентрацію чайної сировини, що забезпечує стабільність складу та високу якість напівфабрикату.

У процесі досліджень вивчено динаміку ферментації суслу з використанням культури *Medusomyces gisevii* при застосуванні настою чаю анчан, зокрема зміну вмісту сухих речовин та показників загальної кислотності на різних етапах бродіння. Отримані результати дозволили оцінити інтенсивність мікробіологічних процесів та їх вплив на формування фізико-хімічних і смакоароматичних характеристик готового напою.

Окрему увагу приділено визначенню органолептичних показників ферментованого напою, зокрема кольору, прозорості, аромату та смаку. Проведено порівняльну оцінку можливості використання чаю анчан і чорного чаю як компонентів рецептури з метою інтенсифікації технологічного процесу та підвищення споживчих властивостей продукту. Результати досліджень підтверджують доцільність використання чаю анчан у технологіях ферментованих напоїв функціонального призначення та його перспективність для розширення асортименту інноваційної продукції. Наведено інформацію щодо оптимізації технологічних процесів, соціально-економічної ефективності, охорони праці та цивільного захисту.

Робота викладена на 74 сторінках друкованого тексту, містить 13 таблиць і 13 рисунків.

Ключові слова: сусло, ферментовані напої, комбуча, нетрадиційна сировина, чай анчан, біологічна цінність, фізико-хімічні показники, органолептичні показники.

SUMMARY

Malkin Roman Serhiiovych «Improvement of the Technology of Non-Alcoholic Fermented Beverage ‘Kombucha’ Using Non-Traditional Raw Materials.» Master’s qualification thesis for the degree of Master in specialty 181 Food Technologies, educational and professional program Technologies of Fermentation and Winemaking Products. National University of Food Technologies, Kyiv, 2025.

The master’s qualification thesis presents the results of theoretical and experimental studies on the use of non-traditional raw materials in kombucha production technology.

The objective of the research was to substantiate and select non-traditional raw materials for kombucha production and to evaluate their technological feasibility.

The thesis provides the results of experimental studies on the selection of non-traditional raw materials for kombucha production. In particular, the research focuses on substantiating the feasibility of using non-traditional plant raw materials—anchan tea (*Clitoria ternatea*)—in the technology of fermented kombucha beverage production.

The technological regimes for preparing anchan tea infusion as a promising plant raw material for fermented beverage production were substantiated. The influence of extraction temperature parameters on the completeness of biologically active compound extraction and on the organoleptic properties of the infusion was investigated. The optimal temperature regime was determined, and a rational concentration of tea raw material was selected to ensure compositional stability and high quality of the semi-finished product.

During the research, the dynamics of wort fermentation using the culture *Medusomyces gisevii* with anchan tea infusion were studied, including changes in dry matter content and total acidity at different fermentation stages. The obtained results made it possible to assess the intensity of microbiological processes and their impact on the formation of physicochemical and sensory characteristics of the finished beverage.

Special attention was paid to the evaluation of the organoleptic properties of the fermented beverage, including color, clarity, aroma, and taste. A comparative assessment of the use of anchan tea and black tea as recipe components was carried out in order to intensify the technological process and improve consumer properties of the product. The research results confirm the feasibility of using anchan tea in functional fermented beverage technologies and its prospects for expanding the range of innovative products.

The thesis also provides information on technological process optimization, socio-economic efficiency, occupational safety, and civil protection measures.

The thesis is presented on 74 pages of printed text and contains 13 tables and 13 figures.

Keywords: wort, fermented beverages, kombucha, non-traditional raw materials, anchan tea, biological value, physicochemical parameters, organoleptic characteristics.

ANMERKUNG

Malkin Roman Serhiiovych «Verbesserung der Technologie des alkoholfreien fermentierten Getränks ‚Kombucha‘ unter Verwendung nichttraditioneller Rohstoffe.» Masterarbeit zum Erwerb des akademischen Grades Master im Studienfach 181 Lebensmitteltechnologie, Studienprogramm Technologien der Fermentations- und Weinherstellungsprodukte. Nationale Universität für Lebensmitteltechnologien, Kyjiw, 2025.

Die Masterarbeit präsentiert die Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen zur Verwendung nichttraditioneller Rohstoffe in der Technologie der Kombucha-Herstellung.

Ziel der Arbeit war die Begründung und Auswahl nichttraditioneller Rohstoffe für die Kombucha-Produktion sowie die Bewertung ihrer technologischen Zweckmäßigkeit.

In der Arbeit werden die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen zur Auswahl nichttraditioneller Rohstoffe für die Kombucha-Herstellung dargestellt. Insbesondere konzentrieren sich die Untersuchungen auf die Begründung der Zweckmäßigkeit der Verwendung nichttraditioneller pflanzlicher Rohstoffe – Anchan-Tee (*Clitoria ternatea*) – in der Technologie der Herstellung des fermentierten Getränks Kombucha.

Die technologischen Bedingungen für die Herstellung eines Anchan-Tee-Aufgusses als vielversprechender pflanzlicher Rohstoff für die Produktion fermentierter Getränke wurden begründet. Der Einfluss der Extraktionstemperatur auf die Vollständigkeit der Extraktion biologisch aktiver Verbindungen sowie auf die sensorischen Eigenschaften des Aufgusses wurde untersucht. Der optimale Temperaturbereich wurde festgelegt und eine rationale Konzentration der Teerohstoffe ausgewählt, die die Stabilität der Zusammensetzung und die hohe Qualität des Halbfabrikats gewährleistet.

Im Verlauf der Untersuchungen wurde die Dynamik der Würzegärung unter Verwendung der Kultur *Medusomyces gisevii* bei Einsatz eines Anchan-Tee-Aufgusses analysiert, insbesondere die Veränderungen des Trockensubstanzgehalts und der Gesamtsäure in verschiedenen Gärungsphasen. Die gewonnenen Ergebnisse ermöglichten die Bewertung der Intensität mikrobiologischer Prozesse sowie ihres Einflusses auf die physikalisch-chemischen und sensorischen Eigenschaften des Endprodukts.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Bestimmung der sensorischen Eigenschaften des fermentierten Getränks gewidmet, insbesondere Farbe, Klarheit, Aroma und Geschmack. Es wurde eine vergleichende Bewertung der Verwendung von Anchan-Tee und schwarzem Tee als Rezepturkomponenten durchgeführt, um den technologischen Prozess zu intensivieren und die Verbrauchereigenschaften des Produkts zu verbessern. Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen die Zweckmäßigkeit des Einsatzes von Anchan-Tee in Technologien funktioneller fermentierter Getränke sowie dessen Perspektiven zur Erweiterung des Sortiments innovativer Produkte.

Darüber hinaus enthält die Arbeit Informationen zur Optimierung technologischer Prozesse, zur sozioökonomischen Effizienz, zum Arbeitsschutz und zum Zivilschutz.

Die Arbeit umfasst 74 Seiten gedruckten Textes und enthält 13 Tabellen und 13 Abbildungen.

Schlüsselwörter: Würze, fermentierte Getränke, Kombucha, nichttraditionelle Rohstoffe, Anchan-Tee, biologischer Wert, physikalisch-chemische Kennzahlen, sensorische Eigenschaften.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ КОМБУЧІ (аналітичний огляд)	11
1.1 Стан та перспективи розвитку ринку безалкогольних ферментованих напоїв в Україні та світі	11
1.2 Характеристика комбучі, як перспективного ферментованого напою	13
1.3 Характеристика процесу ферментації сусла культурою <i>Medusomyces gisevii</i>	15
1.4 Характеристика сировини у виробництві ферментованого напою комбуча	17
1.5 Характеристика нетрадиційної сировини, для розширення асортименту ферментованого напою - комбуча	20
1.6 Висновки до аналітичного огляду літератури, мета і задачі досліджень	24
2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1 Матеріали досліджень	26
2.2 Методи досліджень	26
2.3 Методика досліджень	27
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЧАЮ АНЧАН У ТЕХНОЛОГІЇ КОМБУЧІ (експериментальна частина)	29
3.1 Дослідження властивостей чаю анчан	29
3.2 Дослідження технологічних режимів приготування настою чаю анчан	31
3.3 Вплив чаю анчан на вміст сухих речовин і загальну кислотність при ферментації сусла культурою <i>Medusomyces gisevii</i>	34
3.4 Дослідження органолептичних показників комбучі на основі чаю анчан	40
3.5 Розробка технологічної схеми приготування ферментованого напою з використанням чаю анчан	42
3.6 Висновки до розділу 3	45
4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	46
5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ	52
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65
ДОДАТКИ	68

					Удосконалення технології безалкогольного ферментованого напою "Комбуча" з використанням нетрадиційної сировини							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Виконав		Малкін Р. С.			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевірив		Прибильський В.Л.						7	74	8		
Зав. каф.		Куц А.М.						НУХТ ННІХТ ТБ-2-8М				
Н. контр.												

ВСТУП

Ферментовані напої вважаються однією з перспективних груп харчових продуктів, які сприяють збагаченню організму цінними харчовими компонентами, а низька собівартість і високі споживчі властивості забезпечують масовість вживання і попит у населення. Присутність в раціоні харчування людини напоїв, збагачених біологічно активними речовинами, сприяє позитивному впливу на здоров'я, покращенню обміну речовин, регулюванню кислотності шлунку, оздоровленню організму в цілому.

Світовий і національний досвід переконливо доводять, що одним із найбільш ефективних та економічно доцільних шляхів покращення мікронутрієнтного складу харчування є виробництво доступних комбінованих харчових продуктів, збагачених життєво важливими вітамінами, мінеральними елементами та харчовими волокнами. Такі продукти здатні компенсувати дефіцит мікронутрієнтів, що виникає через незбалансоване харчування, зниження споживання свіжої рослинної продукції, сезонні коливання доступності овочів і фруктів та загальну зміну харчових моделей.

У контексті безалкогольної галузі особливу увагу привертає той факт, що значна частина сучасного асортименту напоїв представлена продуктами, виробленими на основі синтетичних ароматизаторів, барвників, підсолоджувачів і консервантів. Хоча такі напої можуть задовольняти потребу споживачів у смаковому різноманітті, вони не виконують функції джерела корисних речовин. Саме тому актуальною є розробка та популяризація напоїв, технологія яких базується на натуральній рослинній сировині, з використанням мінімально оброблених інгредієнтів та збереженням їх природної біологічної цінності.

Український ринок безалкогольних напоїв характеризується широким асортиментом продукції, що охоплює соковмісні напої, солодкі газовані напої, енергетики, холодний чай, ароматизовані напої та ферментовані продукти. Попри значний вибір, спостерігається усталена тенденція до зміни споживчих пріоритетів: все більша частина населення віддає перевагу натуральним і корисним напоям, які не тільки втамовують спрагу, але й містять біологічно активні сполуки, здатні позитивно впливати на різні системи організму. Наукові дослідження підтверджують, що споживачі дедалі частіше шукають напої з доведеною функціональною користю: антиоксидантною активністю, пробіотичними властивостями, адаптогенним ефектом, здатністю підтримувати імунітет або нормалізувати обмінні процеси.

Тому особливу увагу привертають ферментовані безалкогольні напої, які мають комплексний оздоровчий ефект. Їх унікальність полягає у поєднанні натуральної рослинної сировини з використанням симбіотичних культур дріжджів і бактерій, які під час ферментації синтезують органічні кислоти, ферменти, вітаміни групи В, поліфенольні метаболіти та інші біологічно активні сполуки. Саме завдяки цьому ферментовані напої мають значно вищий оздоровчий потенціал порівняно з традиційними безалкогольними напоями.

Одним із найперспективніших представників цієї групи є комбуча, яка завдяки гармонійному комплексу органолептичних характеристик, освіжаючому

смаку, природному газоутворенню та вираженим функціональними властивостями отримала широке визнання. Відмітною рисою комбучі є її пробіотичний потенціал, зумовлений наявністю живих культур мікроорганізмів, які можуть позитивно впливати на мікробіоту кишечника та сприяти зміцненню захисних функцій організму.

Стрімке зростання популярності комбучі на світовому ринку відображає загальносвітовий тренд на здорові, натуральні та мінімально оброблені продукти. За прогнозами аналітичних агентств, до 2027 року обсяг ринку комбучі може досягнути 10,45 млрд доларів США. Такий прогресивний розвиток пояснюється поєднанням її корисних властивостей, універсальністю в споживанні, широкими можливостями для створення нових смакових концепцій та готовністю споживачів платити за продукцію, яка підтримує здоровий спосіб життя.

Таким чином, на тлі загальних тенденцій харчового ринку комбуча постає не просто модним напоєм, а перспективним функціональним продуктом, який здатен поєднати корисність, доступність і технологічну інноваційність, забезпечуючи споживачам реальну користь та задовольняючи попит на натуральні та збалансовані напої нового покоління.

Основою для виробництва комбучі є цукор, чай та вода. Від їх показників залежить якість напою та перебіг технологічного процесу. Використання нетрадиційної сировини є ключовим напрямком для інновацій та розширення асортименту комбучі. Вона дозволяє змінити традиційну чайну основу, збагатити напій новими поживними речовинами (вітаміни, антиоксиданти, клітковина), а також створити унікальні смакові профілі, що відповідають споживчим трендам на здоров'я, функціональність та натуральність. Як світовий, так і вітчизняний досвід підтверджують, що майбутнє комбучі полягає у синергії традиційної технології ферментації та інноваційного підходу до вибору сировини.

Анчан є перспективною нетрадиційною сировиною для преміальної, функціональної та візуально привабливої комбучі. Він не містить кофеїн, має унікальний фіолетовий колір та додаткові антиоксидантні властивості. Анчан є не просто інноваційним рішенням, а й стратегічним кроком для виробників комбучі, які прагнуть розширити асортимент преміальними, безалкогольними, безкофеїновими та натурально забарвленими функціональними напоями. Однак, для виробництва комбучі це нетрадиційна сировина, що потребує досліджень технологічного процесу.

Отже, удосконалення технології ферментованого напою комбучі з використанням інноваційної та нетрадиційної сировини, зокрема чаю анчан, для підприємств невеликої потужності є актуальним, що дозволить їм розширити асортимент цього унікального напою.

Метою кваліфікаційної роботи було розроблення технології ферментованого напою комбуча із використанням нетрадиційної сировини — чаю анчан.

Для реалізації поставленої мети потрібно було вирішити наступні **завдання**:

- проаналізувати чай анчан та традиційний чорний чай, який використовується для приготування комбучі;
- підібрати оптимальні параметри приготування сусла на основі чаю анчан;

- визначити вплив концентрації чаю анчан та температури заварювання на якість сусла;
- встановити динаміку зміни концентрації сухих речовин і титрованої кислотності при зброджуванні сусла на основі чаю анчан культурою *Medusomyces gisevii*;
- встановити оптимальне співвідношення чаю анчан та традиційного чорного чаю для зброджування сусла культурою *Medusomyces gisevii*;
- провести органолептичну оцінку комбучі з використанням чаю анчан;
- розробити технологічну схему приготування ферментованого напою з використанням чаю анчан;
- розробити математичну модель оптимізації технологічного процесу;
- визначити соціально-економічну ефективність;
- рекомендувати заходи щодо охорони праці та цивільного захисту.

Об'єкт досліджень: технологія ферментованого напою комбуча з використанням чаю анчан.

Предмет досліджень: чай анчан, сусло, ферментований напій.

Методи досліджень: органолептичні, фізико-хімічні методи досліджень сировини, напівфабрикатів та готових напоїв; математично-статистичні методи оброблення експериментальних даних з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи. Результати кваліфікаційної роботи доповідались на конференціях: 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів в НУХТ та IV Міжнародної науково-практичної конференції в м. Запоріжжя.

Публікації:

1. Використання нетрадиційних сортів чаю у технології комбучі / Р. Малкін, Д. Єременко О. Дулька, В. Прибильський / Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 7–11 квітня 2025 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2025. – Ч. 1. – С. 162.
2. Малкін, Р. Комбуча – інноваційний крафтовий напій для закладів індустрії гостинності / Р.С. Малкін, О.С. Дулька, В.Л. Прибильський // Світові досягнення і сучасні тенденції розвитку туризму та готельно-ресторанного господарства: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 11-12 листопада 2025р. : колектив авторів ; за заг. ред. проф. В.М. Зайцевої ; Національний університет «Запорізька політехніка». Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – С. 483–486.

Наукова новизна: визначено вплив чаю анчан на показники ферментація сусла та його оптимальне співвідношення із чорним чаєм у технології безалкогольного ферментованого напою Комбуча.

Практичне значення: розроблено технологію безалкогольного ферментованого напою Комбуча із використанням нетрадиційної сировини — чаю анчан.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з 7 розділів, висновків, списку використаної літератури з 35

найменувань, додатків. Робота викладена на 74 сторінках друкованого тексту, містить 13 таблиць і 13 рисунків.

1 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ комбучі (аналітичний огляд)

1.1 Стан та перспективи розвитку ринку безалкогольних ферментованих напоїв в Україні та світі

Ринок безалкогольних напоїв є важливим сегментом продовольчого ринку, що займає значне місце за обсягом виробництва серед інших сегментів ринку. Це обумовлено тим, що безалкогольні напої призначені насамперед задоволення потреб організму у воді, що є ключовою потребою організму людини. Також напої задовольняють пластичні потреби у мінеральних речовинах (усі підгрупи, навіть питна вода, але у різному ступені), у вітамінах С та Р, деякі види соків – у вітамінах групи В, а також у поліфенолах та пектинових речовинах (фруктові та овочеві соки).

Безалкогольні напої, які представлені на ринку України можна умовно поділити на дві групи: напої купажування та ферментовані напої. Безалкогольні ферментовані напої охоплюють широкий спектр продуктів: квас, комбуча, кефір, водяний кефір, ферментовані рослинні напої зокрема (на основі овочів, фруктів та зерновій основі) та функціональні пробіотичні напої. Різні сегменти відрізняються за походженням, технологією виробництва, каналами збуту й маркетинговими драйверами (здоров'я, пребіотики, безлактозні альтернативи, традиції тощо).

Ферментовані напої займають особливе місце серед традиційних напоїв українців. Вони не лише освіжають, а й мають корисні властивості для здоров'я. Від давніх часів і до сьогодення українці споживали різні види таких напоїв, багато з яких зберегли свою популярність і сьогодні.

Безалкогольні ферментовані напої є одним із найбільш динамічно зростаючих сегментів світового ринку харчових продуктів. Їх розвиток зумовлений підвищенням споживчого інтересу до натуральних, функціональних та пробіотичних продуктів. До цієї категорії належать комбуча, квас, ферментовані соки, молочні та немолочні напої з бактеріями та дріжджами.

Аналітичні дослідження демонструють стале зростання світового ринку безалкогольних ферментованих напоїв. Згідно з даними Transparency Market Research, у 2024 році його обсяг становив близько 2,98 млрд дол. США. Очікується середньорічний темп зростання цього сегменту близько 6% до 2035 року, що забезпечить подвоєння ринкових показників (рис. 1.1).

Аналогічна ситуація спостерігається і на ринку України. Серед популярних напоїв є квас — один із найдавніших і найпоширеніших напоїв. Його виготовляли з житнього або пшеничного хліба, додаючи воду, при такому виробництві процес ферментації був не контрольованим. В умовах сьогодення квас виробляють з використанням концентрату квасного суслу, що суттєво спрощує технологічний процес, а процес ферментації проходить за участі чистих культур дріжджів та молочнокислих бактерій, що забезпечує високу якість готового напою.

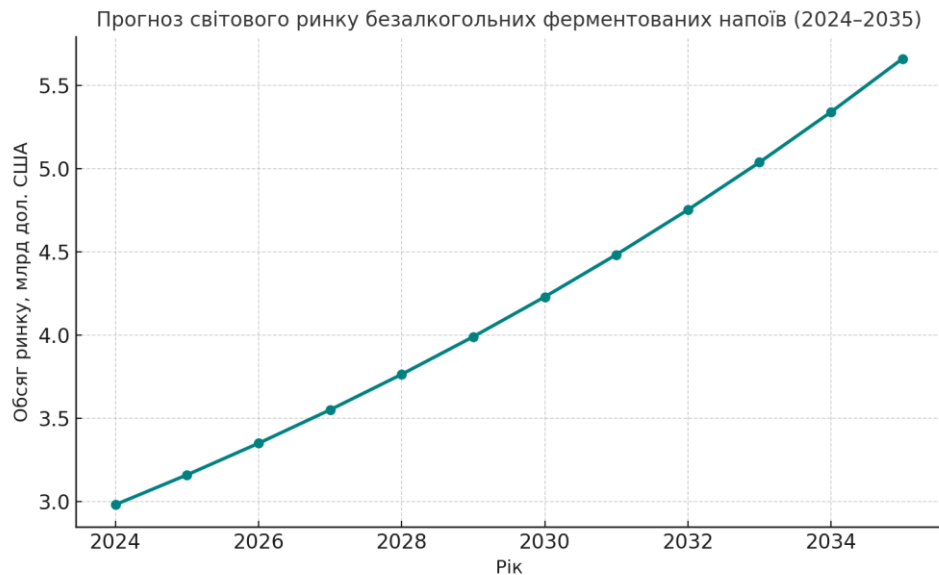


Рис. 1.1. Перспективи розвитку світового ринку безалкогольних ферментованих напоїв

Сьогодні спостерігається відродження інтересу до традиційних напоїв. З'являються крафтові виробництва квасу, які експериментують із новими смаками та додають корисні інгредієнти для підвищення його біологічної цінності. Також зростає популярність комбучі — чайного гриба, який за способом приготування подібний до ферментованих українських напоїв. Виробники пропонують варіації з медом, травами та ягодами, поєднуючи традиції з сучасними трендами здорового харчування.

Комбуча – ферментований напій на основі чаю, що демонструє найбільш динамічне зростання. Згідно з прогнозами, у 2025 році глобальний ринок комбучі оцінювався у 2,4 млрд дол. США, а до 2029 року очікується його збільшення до 5,9 млрд дол. США. Це відповідає середньорічному темпу зростання на рівні 19,4% (рис. 1.2 та табл. 1.2).

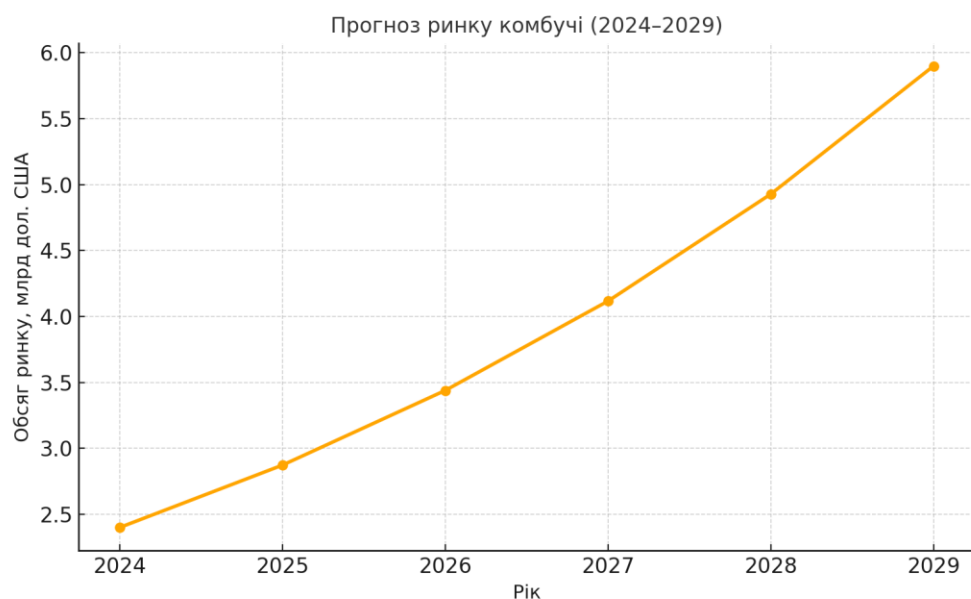


Рис. 1.2. Перспективи розвитку світового ринку комбучі

Окремо сегмент комбучі демонструє набагато вищі темпи зростання: ряд аналітичних звітів оцінюють ринок комбучі 2024 у діапазоні 2,4–4,3 млрд USD і MarketsandMarkets до 2029 прогнозує суттєве збільшення обсягу ринку до 5.9 млрд USD. Це відображає швидке проникнення комбучі у роздріб і HoReCa у ряді ринків.

Таблиця 1.1 – Динаміка розвитку ринку ферментованих напоїв в Україні

Рік	Обсяг виробництва, млн л	Частка імпорту, %	Основні продукти
2020	15	28	Квас, комбуча
2022	22	22	Квас, комбуча, айран
2024	31	18	Комбуча, квас
2025 (прогноз)	38	15	Квас, комбуча, ферментовані соки

Ринок України характеризується поступовим зростанням внутрішнього виробництва та зниженням залежності від імпорту. Основними факторами розвитку є розвиток малих крафтових виробництв, розширення асортименту та інноваційні технології ферментації. Серед перспектив — створення спеціалізованих брендів з пробіотичним ефектом та орієнтація на експорт до країн ЄС. Отже, ринок безалкогольних ферментованих напоїв в Україні та світі має високий потенціал зростання, зумовлений трендами на здорове харчування, стійке виробництво та інновації у технологіях мікробіологічної ферментації.

У зв'язку з цим вивчення питань, пов'язаних з дослідженням стану ринку безалкогольних напоїв та перспектив його розвитку, набуває все більшої актуальності, тому що популярність продуктів цієї групи у нашій країні зростає, особливо в літню пору року, оскільки напої чудово втамовують спрагу, мають знижений рівень цукру у порівнянні з купажованими та підвищену біологічну цінність.

1.2 Характеристика комбучі, як перспективного ферментованого напою.

Комбуча — це ферментований чайний напій, створений шляхом ферментація солодкого чайного суслу під впливом симбіотичної спільноти бактерій і дріжджів (SCOBY). Мікробіологічно SCOBY поєднує дріжджі, які ферментують сахарозу й продукують етанол і вуглекислий газ, а ацетобактерії (здатні окиснювати етанол до оцтової кислоти), різні молочнокислі та аеробні бактерії, які визначають динаміку ферментації та кінцевий метаболічний профіль напою. На молекулярному рівні комбуча характеризується широким переліком метаболітів: органічні кислоти (у т.ч. оцтова, глюконова, глюкуронова, молочна, яблучна), залишкові цукри (глюкоза, фруктоза, сахароза у частково перетвореному вигляді), поліфеноли й катехіни, продукти ферментації амінокислот і невеликий вміст етанолу; концентрації кожного з компонентів залежні від початкової рецептури (тип чаю, співвідношення цукру), умов ферментації (температура, час), активності SCOBY і параметрів постобробки. Ці

параметри роблять комбучу водночас багатокomпонентним «функціональним» напоєм та викликом для стандартизації і регуляторного контролю в промисловому виробництві.

Функціональні властивості комбучі пояснюються синергією її компонентів: органічні кислоти зумовлюють низький рН і антимікробну активність, а поліфеноли й катехіни чаю додають антиоксидантний потенціал; одночасно присутність живих бактерій і дріжджів (у непастеризованих продуктах) створює основу для пробіотичних або пребіотичних ефектів через модулювання кишкової мікробіоти. Однак клінічні докази щодо системних терапевтичних ефектів у людей залишаються обмеженими: останні систематичні огляди і мета-аналізи демонструють потенціал комбучі в полегшенні деяких гастроінтестинальних симптомів і модулюванню мікробіому й метаболоміки, але результати варіюють залежно від дизайну досліджень, дозування і форми продукту; тому твердження про лікувальні ефекти потребують обережного формулювання і додаткових рандомізованих клінічних випробувань.

З наукової точки зору комбуча є цінним об'єктом функціональної харчової науки завдяки поєднанню поліфенольних антиоксидантів, органічних кислот і мікробіологічних компонентів, але наукове поле ще формується і потребує стандартизованих досліджень безпеки й ефективності.

Вміст біологічно активних речовин, що входять до складу ферментованого напою із використанням культури *Medusomyces gisevii*, наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вміст біологічно активних речовин, що входять до складу ферментованого напою із використанням культури *Medusomyces gisevii* [3]

Назва	Кількість
Оцтова кислота, мг/100г	0,05...1,13
Глюконова кислота, мг/100г	0,05...1,39
Глюкуронова кислота, мг/100г	0...1,1
Щавлева кислота, мг/100г	0,06...0,22
Лимонна кислота, мг/100г	0,054...0,16
Молочна кислота, мг/100 см ³	0,6
Яблучна кислота, мг/100 СР	15,2
Піровиноградна кислота, мг/100 СР	12,0
Етиловий спирт, об. %	0,15...0,7
Сахароза, %	0,74
Глюкоза, %	2,64
Фруктоза, %	2,2
Вітамін С, мг/100г	0,01...0,644
Вітамін В ₁ (тіамін), мг/100г	0,0759
Вітамін В ₂ (рибофлавін), мг/100 см ³	0,96
Вітамін В ₆ (фолієва кислота), мг/100 см ³	0,23
Білки, %	0,03...5,24
Дубильні речовини, %	0,08

Визначено, що склад безалкогольного ферментованого напою комбуча представлений широким спектром біологічно активних речовин.

З технологічної перспективи характер комбучі визначається низкою регулюючих факторів. Параметри ферментації — початкова концентрація цукру, співвідношення чаю до води, вибір типу чаю (чорний, зелений, мате тощо), температура і тривалість ферментації — визначають ступінь кислотності, газоутворення і залишкову солодкість. При промисловій підготовці виробники мають вирішувати дилему між збереженням «живих» культур (щоб позиціонувати продукт як непастеризований-пробіотичний) і контролем безпеки/стабільності (що часто вимагає пастеризації або фільтрації, котрі зменшують життєздатні мікроорганізми та змінюють смак). Крім того, контроль вмісту етанолу є важливим: природна ферментація продукує невеликі кількості етанолу, і в умовах довшої або неконтрольованої ферментації концентрація може підвищуватися до рівнів, які потребують маркування як алкогольного продукту відповідно до національних регуляцій. Промислова якість також вимагає стандартизації смакових характеристик (наприклад, повторюваність кислоті й газациї), мінімізації ризику контамінації патогенами та утворення небажаних біогенних амінів, а також управління мікробними культурними банками SCOBY і валідації технологічних процесів.

Аналіз асортименту комбучі на ринку України демонструє, що ринок сформований переважно локальними малими та середніми виробниками з різноманітною пропозицією смаків і форм-факторів, а також наявністю онлайн-дистрибуції і продажу в спеціалізованих і супермаркетних мережах. Прикладом сегменту малих брендів є виробники, які пропонують широкий асортимент смаків (маракуя-ананас, лемонграсс, мате і м'ята), розфасовку в скляні пляшки по 0,33–0,49 л і ціни у середньому на рівні близько 80–170 грн залежно від позиції; такі пропозиції можна спостерігати у локальних інтернет-магазинах і на сайтах окремих виробників. Паралельно на онлайн-майданчиках і в мережевому рітейлі присутні більш промислові лінійки (включно з брендами, що мають кілька смакових варіантів і сезонні пропозиції), а також концентрати і набори для домашнього приготування, що відображає інтерес споживачів до DIY-формату. Рітейл-перелік доступних SKU у великих маркетплейсах свідчить про те, що попит є достатнім для підтримки кількох комерційних гравців і для формування нішових пропозицій.

1.3 Характеристика процесу ферментації суслу культурою *Medusomyces gisevii*

Специфікація ферментації комбучі відрізняється, але типовий процес відбувається так: чорний або зелений чай заварюють не менше 5 хвилин, додають сахарозу (5–10% (мас/об)), охолоджують до кімнатної температури (20°C), а потім інокують рідиною комбучі (зазвичай 10–20%(об/об)) з попередньої партії. Зрілу бактеріальну целюлозу (біоплівку) з попередньої культури чайного гриба або SCOBY, зазвичай поміщають на поверхню розчину та дають бродити протягом 10–14 днів. Наявність джерела вуглецю в розчині, як правило, сахарози,

ініціює каскад метаболічних процесів, які генерують газований і слабокислий напій наприкінці циклу первинного ферментація [23]. В процесі життєдіяльності культури *Medusomyces gisevii* у зброджуваному суслі проходять складні біохімічні процеси. Метаболічні перетворення, що відбуваються в процесі ферментації, представлені на рисунку 1.3 [10,11].

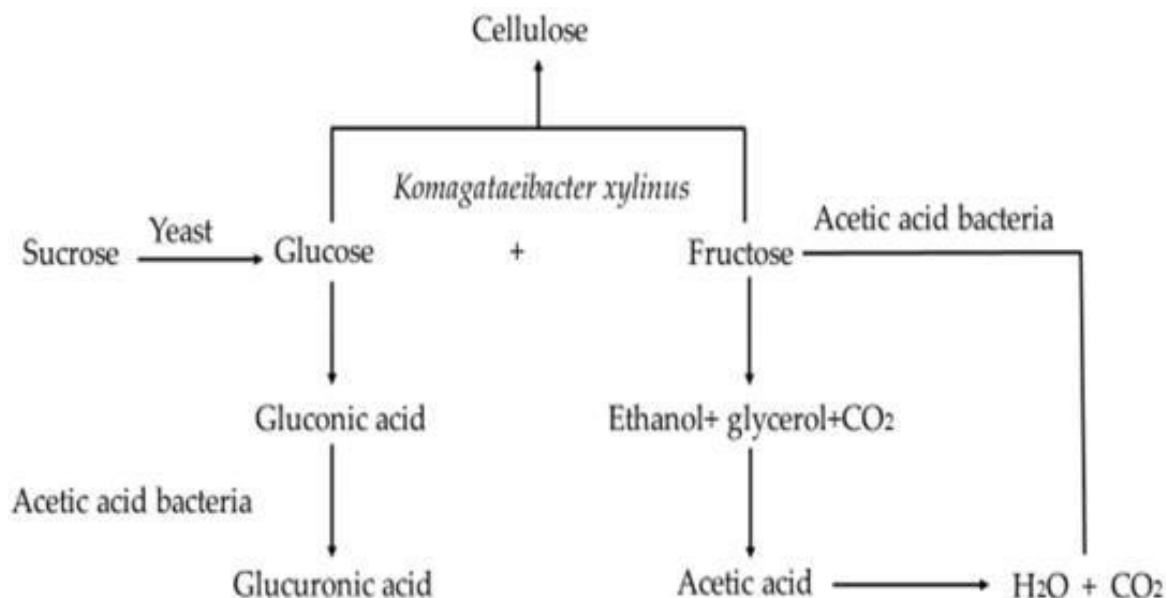
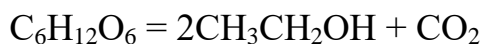


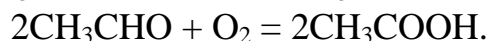
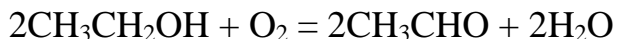
Рис. 1.3. Метаболічна активність мікроорганізмів під час ферментації комбучі

Вони включають декілька видів ферментація, зокрема спиртове. Сахароза гідролізується дріжджовими клітинами до фруктози і глюкози, які метаболізуються дріжджами з утворенням етанолу і CO₂. На проміжних стадіях процесу утворюються піровиноградна кислота і ацетальгід.

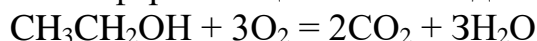
Спиртове ферментація. Сумарно процес спиртового ферментація має такий вигляд:



Оцтовокисле ферментація. Це є процесом окислення етилового спирту мікроорганізмами до оцтової кислоти та води (перша стадія) з подальшим окислюванням утвореної оцтової кислоти до діоксиду вуглецю і води (друга стадія). Відбувається внаслідок діяльності ОКБ за такими схемами:



Загальне рівняння оцтовокислої ферментація має вигляд:



Глюконовокисле ферментація. Окрім оцтової кислоти, бактерії також продукують глюконову кислоту шляхом окислення глюкози (рис. 1.4) [14,15]. Під час цього процесу також утворюються деякі складні ефіри, які сприяють розвитку аромату напою.

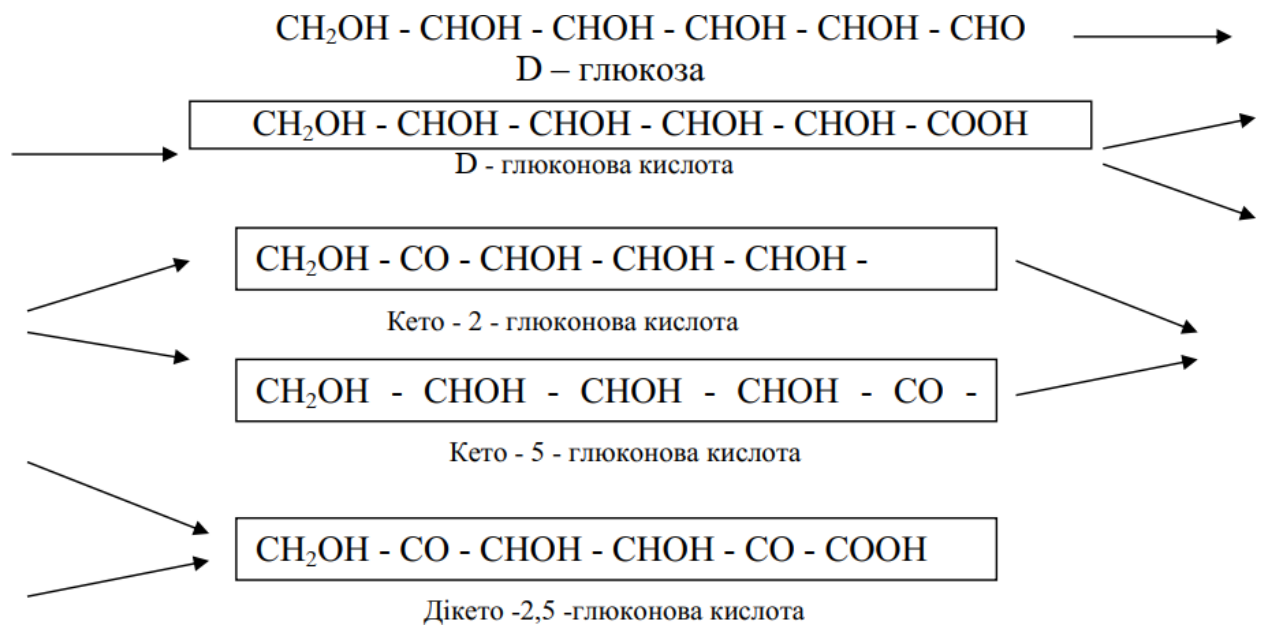


Рис. 1.4. Схема перетворення глюкози у глюконову кислоту [16]

Таким чином в результаті життєдіяльності культури *Medusomyces gisevii* в збродженуваному суслі накопичуються переважно глюконова і оцтова кислоти, а також діоксид вуглецю та спирт.

1.4 Характеристика сировини у виробництві ферментованого напою комбуча

Основною сировиною, яка використовується для виробництва комбучі є вода, чай і цукор та зооглея чайного гриба. Процес ферментації сусла створює умови для росту зооглеї, який виглядає як желеподібний диск та є основним культурним стартером для цього напою, який формує унікальні властивості напою.

Вода є основою ферментованих напоїв, якість технологічної води чинить суттєвий вплив на показники напоїв. Комбуча, як і інші безалкогольні напої, потребують використання значної кількості води в процесі їх виробництва. Для її виробництва використовують як технічну воду, вимоги для якої є не такими суттєвими та і технологічну – від якості є набагато жорсткішими.

Вимоги до якості технологічної води залежать від виду напою, особливостей їх виробництва, тривалості і умов зберігання. Так, згідно ТІ 10-5031536-73-10 якість води для виробництва безалкогольних напоїв регламентується ДСТУ 4069 «Напої безалкогольні. Загальні технічні умови». Порівняння цих вимог з вимогами до якості води, призначеної для споживання людиною за ДСанПіН 2.2.4.171-10 [22] свідчить про їх специфічність і більш жорсткі межі значень концентрацій розчинених домішок у воді (табл. 1.3).

Комбуча суттєво відрізняється від більшості напоїв, як за використаною сировиною так і способом виробництва. Якість води має вирішальне значення для приготування комбучі.

Таблиця 1.3 – Вимоги до якісних показників технологічної води

Показник	ТІ 10-5031536-73-10	ДСанПіН 2.2.4.171-10
Водневий показник	3-6	6.5–8.5
Хлориди, мг/дм ³	100-150	≤250
Сульфати, мг/дм ³	100-150	≤250
Магній, мг/дм ³	<0,1	Не визначається
Загальна лужність, мг-екв/дм ³	<1.0	Не визначається
Сухий залишок, мг/дм ³	<500	≤1000
Нітрити, мг/дм ³	-	≤0,5
Нітрати (по NO ₃), мг/дм ³	<10	≤50
Алюміній, мг/дм ³	<0,1	≤0,2
Мідь, мг/дм ³	<1.0	≤1,0
Сілікати, мг/дм ³	<2,0	-
Залізо загальне, мг/дм ³	<0,2	≤0,2
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	<0,7	≤7
Каламутність, мг/дм ³	<1.0	≤0,58
Забарвленість, град	<10	≤20

Для приготування комбучі одним з основних компонентів є чай. Згідно класифікації чаї поділяють на неферментовані, з низьким ступенем ферментації і ферментовані.

Композиція чайної основи визначає ключові хімічні та сенсорні властивості комбучі, а відтак і її технологічну поведінку під час ферментації. Комбуча традиційно готується на «справжньому» чаї — листі *Camellia sinensis* — і основні внутрішньогрупові різновиди цього виду чайного рослинного матеріалу (чорний, зелений, оолонг, білий, пуер) по-різному впливають на склад поліфенолів, вміст кофеїну, амінокислотний профіль і наявність інших мікронутрієнтів, які живлять SCOBY і формують ароматичну палітру готового продукту.

Чорний чай, у якого листя проходить повну окиснювальну обробку, містить більше теафлавінів і теарубігінів — складних поліфенольних сполук, що дають насичений, «червоний» настій і забезпечують стабільний субстрат для активного росту ацетобактерій і дріжджів; саме тому багато промислових рецептів і класичних домашніх рецептів використовують чорний чай як базу за рахунок його живильності для SCOBY і відтворюваності смаку при ферментації.

Зелений чай, який є менш окисненим, багатий на катехіни (особливо EGCG) і загалом має вищу антиоксидантну активність; використання тільки зеленого чаю дає світліший колір, більш трав'янистий смак комбучі і часто його поєднують зі

змішуванням частини чорного чаю для кращого росту культури та більш збалансованої ароматики.

Оолонг (частково окиснений) займає проміжне положення і може забезпечити більш делікатні квіткові або фруктові відтінки, тоді як білий і пуер рідше використовуються як єдина основа, але застосовуються для отримання специфічних смакових профілів або для позиціонування продукту як «делікатного» (білий) чи «землянистого»/унікального (пуер).

На рівні ферментації різні типи чаю надають різні набори фенольних субстратів і азотистих сполук, що може змінювати швидкість і напрям метаболізму SCOBY — наприклад, суміш чорного й зеленого чаю часто дає плюси і по росту культури, і по антиоксидантній активності, і по повторюваності смаку.

Чайна сировина є джерелом біологічно-активних речовин, що зумовлює її використання у виробництві ферментованого напою комбуча. Таким чином, чай у виробництві комбучі — не просто ароматизатор, а базовий біохімічний субстрат, який визначає:

- стабільність ферментації;
- інтенсивність росту мікроорганізмів;
- антиоксидантну активність;
- органолептичний профіль і колір напою;
- харчову й функціональну цінність продукту.

Саме правильний вибір типу чаю, його якості, походження та співвідношення з цукром формує унікальний характер комбучі, забезпечуючи баланс між традиційним смаком і сучасними вимогами до здорового функціонального продукту.

Цукор є ключовою та незамінною сировиною у виробництві комбучі, оскільки він виступає основним субстратом живлення для симбіотичної культури бактерій та дріжджів (SCOBY). Його роль є не просто підсолоджувальною, а технологічною та біохімічною.

Цукор білий за показниками якості та безпечності повинен відповідати нормам зазначеним в ДСТУ 4623:2023 «Цукор. Технічні умови».

У процесі ферментації комбучі цукор виконує дві основні функції:

- джерело енергії: цукор (сахароза, глюкоза, фруктоза) забезпечує дріжджові клітини енергією, необхідною для їхнього росту та метаболізму;

- прекурсор кислот: дріжджі спочатку перетворюють сахарозу на глюкозу та фруктозу (за допомогою ферменту інвертази), а потім ферментують ці прості цукри на етанол (спирт) та вуглекислий газ. Бактерії (зокрема, *Acetobacter*) потім використовують етанол як субстрат для виробництва оцтової кислоти та інших органічних кислот (глюконової, глюкуронової).

Таким чином, цукор є прямим чинником, що визначає кінетику ферментація, рівень кислотності та формування смаку кінцевого напою.

1.5 Характеристика нетрадиційної сировини для розширення асортименту ферментованого напою Комбуча

На сьогодні дуже актуальним постає питання виготовлення комбучі із нетрадиційною сировиною, наприклад, альтернативних видів чаю, що дасть напою оригінальний смако-ароматичний профіль та користь.

Нетрадиційну сировину для комбучі можна класифікувати за її основним призначенням у технологічному процесі. Чай містить необхідні для SCOBY сполуки (зокрема, азотисті речовини та поліфеноли), проте його можна частково або повністю замінити іншими рослинними екстрактами. Це дозволяє створювати безалкалоїдні варіанти (без кофеїну) та експериментувати зі смаком. Характеристику нетрадиційної сировини при виробництві комбучі наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристика нетрадиційної сировини у виробництві комбучі

Сировина	Характеристика та переваги	Функціональні властивості
Трав'яні чаї (настої)	Гібіскус, м'ята, ройбуш, ромашка, липа. Дають різноманітні кольори, аромати та смаки.	Високий вміст антиоксидантів (наприклад, антоціани в гібіскусі), седативна (ромашка) чи тонізуюча (м'ята) дія.
Фруктові та овочеві соки/пюре	Яблучний, виноградний, буряковий, морквяний. Виступають і основою, і джерелом цукру.	Багаті на вітаміни, мінерали та органічні кислоти. Додають природну солодкість та барвники.
Зернові та бобові екстракти	Екстракти солоду (ячмінь, жито), квасоля, соя. Використовуються для створення безглютенних та більш поживних варіантів.	Джерело білка та харчових волокон, можуть містити специфічні полісахариди.

Крім «справжнього» чаю, деякі виробники експериментують із трав'яними або безкофеїновими настоями (rooibos, гібіскус/каркаде, меліса, імбирні настоянки) або з yerba mate — такі альтернативи змінюють не лише аромат, але й технологію: herbal-трави часто не містять потрібних для SCOBY азотних компонентів, тому при використанні трав'яних настоїв у чистому вигляді виробники зазвичай або додають частку *Camellia sinensis* до бази, або використовують готовий стартер (попередньо приготовану комбучу на справжньому чаї) для запровадження мікроорганізмів та живильних речовин. Rooibos і hibiscus забезпечують привабливу барву і фруктову кислотність, але їх використання вимагає особливої уваги до часу ферментації і контролю рН, аби уникнути неконтрольованого розвинення оцтовокислих відтінків або надлишкового утворення біогенних амінів. Деякі сучасні виробники включають місцеві або інноваційні суміші (наприклад, мате або екзотичні листя), що дає нові смакові ніші, але одночасно створює потребу в адаптації технології і тестуванні безпеки.

Функціональні та смакові добавки також використовують при виробництві комбучі, при цьому їх найчастіше використовують в період другої ферментації. Ці інгредієнти додають після першої ферментації (іноді під час) для надання унікального смаку, посилення газованості та збагачення біологічно активними речовинами. Характеристика сировини, яка використовується для розширення асортименту комбучі наведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Характеристика сировини у виробництві комбучі для розширення асортименту

Сировина	Характеристика та переваги	Функціональні властивості
Пряно-ароматичні рослини	Імбир, куркума, кардамон, кориця, гвоздика, розмарин. Додаються у вигляді свіжих шматочків, пюре або екстрактів.	Протизапальні та антимікробні властивості (куркумін, гінгерол). Сприяють травленню.
Їстівні квіти	Лаванда, троянда, бузина. Надають вишуканий аромат та естетичний вигляд.	Містять ефірні олії та деякі флавоноїди.
Ягоди та фрукти (нетрадиційні)	Аронія, обліпиха, журавлина, авокадо, манго. Використовують плоди, листя чи кісточки.	Джерело антиоксидантів (каротиноїди, поліфеноли), вітаміну С та ПНЖК (обліпиха).
Суперфуди	Спіруліна, насіння чіа, кіноа, батат (екст-ракт), водорості.	Високий вміст білка, мікроелементів (залізо, йод) та омега-3 жирних кислот (чіа).

При огляді світового ринку комбучі простежується стійкий ріст та надзвичайну креативність у використанні нетрадиційної сировини:

- ферментація на соках та трав'яних екстрактах: у США та Європі популярні комбучі, ферментовані на зелених соках (кейл, селера) або рослинних чаях (наприклад, ройбуш-комбуча, що не містить кофеїну).

- спеції та функціональні інгредієнти: активно застосовується імбир та куркума для надання напою «теплого», зігріваючого смаку та посилення його протизапальних властивостей. У Каліфорнії та Австралії, де комбуча є частиною культури, популярні моктейлі на її основі з додаванням екзотичних фруктів (манго, маракуйя) та прянощів.

- альтернативні джерела вуглеводів: в наукових дослідженнях вивчається можливість використання для ферментації SCOBY екстрактів з батату (солодка картопля) або тапіоки, що є кроком до створення функціональних напоїв для осіб з особливими дієтичними потребами (наприклад, низький глікемічний індекс).

- адаптогени та суперфуди: додавання екстрактів грибів-адаптогенів (рейші, лєвова грива) та суперфудів (спіруліна, насіння чіа) стало трендом, що перетворює комбучу на «нутріцевтик» – продукт із доведеною користю для здоров'я.

В Україні ринок комбучі активно розвивається, наслідуючи світові тренди, але також інтегруючи унікальні місцеві ресурси. Місцеві фрукти та ягоди: українські виробники активно використовують сировину, яка традиційна для нашої місцевості, але нетрадиційна для класичної комбучі:

- обліпіха: забезпечує яскравий смак, колір та є потужним джерелом каротиноїдів та жиророзчинних вітамінів.

- аронія (чорноплідна горобина): додає терпкості та надзвичайно високий вміст антиоксидантів (антоціанів).

- журавлина та брусниця: використовуються для профілактичних напоїв, особливо для підтримки сечовидільної системи.

Пряно-ароматичні трави з огляду на багатство вітчизняної флори, проводяться дослідження використання пряно-ароматичної сировини, як-от материнка, чебрець, меліса чи м'ята, для інтенсифікації процесу ферментації та надання унікальних органолептичних властивостей. Наукове обґрунтування використання пряно-ароматичної сировини дозволяє не лише покращити смак, але й збагатити напій додатковими біологічно активними сполуками.

Перспективним напрямком є використання екстрактів з нетрадиційних для ферментації культур, які вирощуються в Україні, наприклад, екстрактів гарбуза або місцевих зернових.

При огляді наукових праць спостерігається також значний інтерес щодо використання нетрадиційної сировини у виробництві комбучі. Моктар Хамді у своєму дослідженні [24] в якості субстрату для ферментації чайного гриба використовував кактусову грушу, з метою розробки нового напою з покращеними харчовими властивостями. У процесі ферментації були визначені зміни хімічних і мікробіологічних параметрів ферментованого соку. Зростання мікрофлори викликало зниження рН з 5,1 до 3,5 і збільшення загального вмісту фенолу на 23% після 6 днів ферментації. Антиоксидантний потенціал напою також був покращений, досягнувши 81% і 65%. Крім того, ферментований сік показав антимікробну активність проти перевірених грам-позитивних (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 и *Enterococcus faecalis* ATCC 10541) і грам-негативних бактерій (*Escherichia coli* ATCC 10536, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031 і *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027), яка була пов'язана з вмістом оцтової кислоти.

У роботі [25] червоні ягоди годжі (*Lycium barbarum* L.) і чорна ягода годжі (*Lycium ruthenicum* Murr.) були обрані в якості субстратів для виробництва напоїв комбуча, а їх фізико-хімічні, органолептичні та загальні фенольні та антиоксидантні властивості порівнювалися з чорною чашкою чаю. Загальний вміст фенолів і антиоксидантна здатність спостерігаються наступним чином: комбуча чорного чаю > комбуча з ягід годжі > комбуча з червоних ягід годжі. Дане дослідження показало, що чорна ягода годжі і червоні ягоди годжі

покращують органолептичні показники напою, підвищують фенольну та антиоксидантну активність порівняно з комбучею чорного чаю.

Дослідження [26] було спрямоване на аналізування впливу різних видів сировини на склад і сенсорні властивості напою комбуча. З цією метою в настій зеленого чаю додали черешневий лавр, червону малину, плоди терну і концентрат чорного морквяного соку. Після 40 годин ферментація при 28 ± 2 °C напої зберігалися при 4°C протягом 10 днів. При бродінні і зберіганні проаналізовано загальну кислотність, рН, колір, загальний вміст фенольних речовин, антиоксидантну здатність (аналізи DPPH, FRAP та CUPRAC) та загальний мономерний вміст антоціаніну у зразках. Крім того, зміни органолептичних властивостей визначалися періодично. Загальний вміст фенолів і антиоксидантні можливості продуктів були збільшені в порівнянні з некультивованими субстратами. Результати показали, що використання багатої на антоціаніни сировини разом із зеленим чаєм для ферментація сприяло поживній цінності, функціональним та сенсорним властивостям напою комбуча.

Також, вченими [27] була досліджена та порівняна антидіабетична активність напою комбучі на основі зміїного фрукту (салака), чорного чаю і метформіну у діабетичних щурів, викликаних стрептозотоцином. Зміїний фрукт Комбуча, чорний чай Комбуча і метформін перорально вводили діабетичним щурам щодня під час 28-денного експерименту. Досліджено рівень глюкози в плазмі крові (ФПГ), активність супероксиддисмутази (СОД), рівень малондіальдегіду (МДА) та ліпідні профілі (загальний тригліцерид, загальний холестерин, ЛПНЩ-холестерин та ЛПВЩ-холестерин) плазми крові. Також були проведені імуногістохімічні дослідження підшлункової залози та кількісне визначення β -клітин. Продукти значно ($p < 0,05$) знизили рівень глюкози в плазмі крові (67-76%) і поліпшили показники окислювального стресу і ліпідні профілі. З імуногістохімічного фарбування тканин підшлункової залози, панкреатичні β клітини також були поліпшені у діабетичних щурів продуктами. Було зроблено висновки, що зміїний фрукт, який використовувався для ферментації комбучі позитивно впливає на поліпшення стану діабетичних щурів, отже його можна використовувати в якості агента терапії діабету.

В епоху інновацій у харчовій промисловості, виробництво ферментованого напою комбуча активно розширює свою сировинну базу, виходячи за межі традиційного чорного та зеленого чаю. Однією з найбільш привабливих і перспективних нетрадиційних основ є Анчан, відомий також як Кліторія трійчаста (*Clitoria ternatea*). Ця квітка, яка використовується для приготування трав'яного настою (тизану), пропонує низку унікальних функціональних, естетичних та технологічних переваг, які дозволяють створювати абсолютно нові категорії продукту.

Анчан є цінним завдяки своєму винятковому фітохімічному профілю. На відміну від традиційного чаю, настій з квіток Анчану не містить кофеїну, що одразу відкриває ринок для споживачів, які уникають стимуляторів, зокрема для вечірнього вживання. Основна біологічна активність та візуальна привабливість сировини зумовлена високою концентрацією антоціанів, переважно дельфінідин

глікозидів. Ці антоціани є високостабільними, навіть у кислих умовах, і саме вони надають настою його знаменитий насичений синій колір.

Ця хімічна особливість антоціанів має вирішальне значення в технологічному процесі виробництва комбучі. Оскільки ферментація за допомогою симбіотичної культури SCOBY призводить до утворення органічних кислот (оцтової та глюконової) і, відповідно вони впливають на зовнішній колір комбучі. Синій настій, після завершення процесу ферментації та набуття кислого смаку, природно змінює свій відтінок на глибокий фіолетовий або ліловий. Це забезпечує потужну маркетингову перевагу, дозволяючи виробникам пропонувати візуально вражаючий продукт, повністю вільний від штучних барвників.

Окрім естетики, Анчан збагачує комбучу додатковими функціональними властивостями. Він традиційно використовується в аюрведичній медицині як ноотропний та анксиолітичний засіб, сприяючи покращенню пам'яті, концентрації уваги та зменшенню стресу. Цей ефект ідеально доповнює пробіотичні та антиоксидантні властивості самої комбучі, перетворюючи її на функціональний напій для підтримки когнітивного здоров'я та релаксації. Антоціани, флавоноїди (зокрема кверцетин) та інші поліфеноли Анчану також посилюють загальну антиоксидантну активність кінцевого продукту, захищаючи організм від оксидативного стресу.

Водночас, використання Анчану вимагає уваги до технологічних особливостей ферментації. Оскільки тизани, як правило, містять менше азотистих сполук та танінів, ніж класичний чай, чистий настій Анчану може бути недостатньо живильним для оптимальної роботи та росту SCOBY.

1.6 Висновки до аналітичного огляду літератури, мета і задачі досліджень

За результатами проведеного аналітичного огляду можна зробити такі висновки:

1. Ферментовані напої є перспективною групою функціональних напоїв, які стрімко розвиваються, серед них особливе місце займає Комбуча.

2. Визначено, що склад безалкогольного ферментованого напою Комбуча представлений широким спектром біологічно активних речовин.

3. Мікробний склад культури *Medusomyces gisevii* представлений як дріжджами, так і бактеріями різного таксономічного складу. В результаті її життєдіяльності в зброджуваному суслі накопичуються переважно оцтова і глюконова кислоти, а також діоксид вуглецю та спирт.

4. Чайна сировина є джерелом біологічно-активних речовин, що зумовлює її використання у виробництві ферментованого напою Комбуча.

5. Технологія ферментованого безалкогольного напою Комбуча для розширення асортименту та отримання унікального напою потребує використання альтернативної сировини.

6. Актуальним є пошук нетрадиційної сировини та дослідження технологічних параметрів з її використанням.

Метою кваліфікаційної роботи було розроблення технології ферментованого напою комбуча із використанням нетрадиційної сировини — чаю анчан.

Для реалізації поставленої мети потрібно було вирішити наступні завдання:

- проаналізувати чай анчан та традиційний чорний чай, який використовується для приготування комбучі;
- підібрати оптимальні параметри приготування сусла на основі чаю анчан;
- визначити вплив концентрації чаю анчан та температури заварювання на якість сусла;
- встановити динаміку зміни концентрації сухих речовин і титрованої кислотності при зброджуванні сусла на основі чаю анчан культурою *Medusomyces gisevii*;
- встановити оптимальне співвідношення чаю анчан та традиційного чорного чаю для зброджування сусла культурою *Medusomyces gisevii*;
- провести органолептичну оцінку комбучі з використанням чаю анчан;
- розробити технологічну схему приготування ферментованого напою з використанням чаю анчан;
- розробити математичну модель оптимізації технологічного процесу;
- визначити соціально-економічну ефективність;
- рекомендувати заходи щодо охорони праці та цивільного захисту.

2 МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали досліджень

Для виготовлення ферментованого напою комбуча використовували таку сировину:

- чай анчан та чорний чай згідно з чинними нормативними документами;
- воду питну згідно з ДСанПіН 2.2.4-171;
- діоксид вуглецю газоподібний згідно з ДСТУ 4817:2007;
- цукор згідно з ДСТУ 4623:2023;
- культуру мікроорганізмів *Medusomyces gisevii* згідно з паспортними даними.

2.2 Методи досліджень

Експериментальні дослідження передбачали: визначення фізико-хімічних показників води, сусла та комбучі, підбір оптимальної кількості синього чаю анчан, виготовлення експериментальних зразків; визначення фізико-хімічних та органолептичних показників виготовлених напоїв; розроблення технологічної схеми виготовлення ферментованого напою комбучі за удосконаленою технологією.

Оцінювання якості технологічної води здійснювали за допомогою хімічних, фотометричних, колориметричних та титриметричних методів досліджень.

У комбучі визначали титровану кислотність та вміст сухих речовин. Для визначення титрованої кислотності використовували метод титрування, який заснований на прямому титруванні відміряного об'єму сусла титрованим розчином луку до нейтральної реакції. Кислотність сусла виражають в см³ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³ сусла.

Вміст сухих речовин в комбучі визначали рефрактометричним методом. На суху поверхню виміральної призми рефрактометра, не торкаючись поверхні призми скляною паличкою, наносять одну-дві краплі фільтрованого досліджуваного розчину та плавно опускають верхню частину призми. Переміщенням окуляра в поле зору приладу, виводять межу світлотіні, встановлюють чіткість її зображення. Окуляр переміщують до середини візирної лінії (центральної точки поля зору) з межею світлотіні. За шкалою рефрактометра, градуйованою за розчинами сахарози, вимірюють вміст сухих речовин (у мас. %) у розчині. Вимірювання виконують при температурі 20°C. При відхиленні від стандартної температури, до показів рефрактометра вносять необхідну поправку. За остаточний результат приймали середнє арифметичне двох паралельних визначень. Розбіжність між результатами паралельних визначень не перевищувала 0,5 %. Остаточний результат визначали з похибкою 0, 1% .

2.3 Методика досліджень

Розроблено план аналітичних та експериментальних досліджень із використанням нетрадиційної сировини чаю анчан для виробництва комбучі.

Загальну схему проведення досліджень відповідно до поставленої мети і завдань наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1 Схема проведення досліджень

Для забезпечення послідовності робіт розробили загальний план їх виконання, який включає теоретичний етап досліджень, вивчення, аналіз та узагальнення інформаційних джерел, а саме: аналіз ринку ферментованого напою комбуча, його характеристику та особливості його виробництва також проаналізовано чай, як основну сировину для виробництва комбучі та проведено аналіз альтернативних видів сировини для виробництва напоїв.

Експериментальні дослідження передбачали дослідження чаю анчан для виробництва комбучі, його вплив на приготування сусла та зміну концентрації сухих речовин і титрованої кислотності у процесі ферментації культурою *Medusomyces gisevii*, дослідження органолептичних показників комбучі із використанням чаю анчан, розроблення технологічної схеми приготування розробленого ферментованого напою.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЧАЮ АНЧАН У ТЕХНОЛОГІЇ КОМБУЧІ (експериментальна частина)

3.1. Дослідження властивостей чаю анчан

Основною сировиною для виробництва комбучі традиційно використовують чорний чай, однак в рамках кваліфікаційної роботи проведено дослідження можливості використання чаю анчан для розширення асортименту.

Анчан або кліторія трійчаста (*Clitoria ternatea*), є нетрадиційною та надзвичайно привабливою сировиною для розширення асортименту комбучі. Це трав'яний напій (тизан), який не є класичним чаєм (не містить листя *Camellia sinensis*), що автоматично виводить його в категорію альтернативних основ. Він вирощується в субтропічних регіонах, переважно у Південно-Східній Азії і зазвичай використовується як природний барвник у харчових продуктах і напоях. Квітка цього чаю має яскраво-блакитний колір, оскільки містить антоціани, зокрема глікозид дельфінідину [15], який має антидіабетичні, антиоксидантні, антимікробні, протизапальні та протиракові властивості. Цей чай використовується як джерело природного пігменту з біоактивними властивостями і може покращити зовнішній вигляд і поживну цінність харчових продуктів [16]. Антоціани, як флавоноїди, зумовлюють червоний, синій, фіолетовий і помаранчевий колір овочів, фруктів, квітів і листя. Вони можуть бути ацильовані фенольними кислотами (*n*-кумарова, кавова, ферулова, синапінова, галова кислоти) та/або органічними кислотами (малоновою, оцтовою, яблучною, янтарною або щавлевою), що може підвищити стабільність харчових продуктів. Ацилювання молекул антоціанів підвищує стабільність через внутрішньомолекулярну та/або міжмолекулярну копігментацію та реакції самоасоціації [17]. Дослідження застосування екстрактів, що містять антоціани як джерело природних барвників у харчових продуктах зросли в останні роки у зв'язку із необхідністю забезпечення здоров'я споживачів.

Водний екстракт *C. ternatea* традиційно використовується в країнах Азії як природний барвник у їжі та напоях. У Малайзії його використовують для фарбування рисових коржів і популярної страви Nasi Kerabu [18]. В індійській традиційній та аюрведичній медицині його використовують завдяки високим терапевтичним властивостям [19]. Він не має цитотоксичності в клітинах фібробластів людини та відповідно має захисну дію на еритроцити людини та пригнічує окислення плазмідної ДНК, що підтверджує токсикологічну безпеку та біоактивність. До того ж *C. ternatea* може бути перспективним джерелом природного блакитного забарвлення з біоактивними властивостями як альтернатива синтетичним барвникам. Однак на стабільність цих пігментів впливають деякі фактори, такі як рН, температура, світло, присутність кисню, розчинники, наявність пігментів, іони металів і ферменти [20].

У таблиці 3.1 наведено порівняльний аналіз класичного чорного чаю, який традиційно використовується у технології комбучі та запропонований чай анчан, як нетрадиційну сировину.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика чорного чаю та чаю анчан

Критерій Порівняння	Чорний чай (<i>Camellia sinensis</i>)	Чай анчан (<i>Clitoria ternatea</i>)
Природа сировини	 <p>Традиційна основа листя <i>C. sinensis</i>.</p>	 <p>Нетрадиційна основа квітки, тизан</p>
Основний субстрат для SCOBY	Містить високу концентрацію азотистих сполук і танінів (поліфеноли), необхідних для стабільного росту бактерій та дріжджів.	Низький вміст азотистих сполук. Може призводити до уповільнення ферментації культурою SCOBY.
Вміст кофеїну	Високий (сильний тонізуючий ефект).	Нульовий (напій без кофеїну).
Ключові біологічно-активні сполуки	Теафлавіни, теарубігіни, катехіни. Сильні антиоксиданти.	Антоціани (дельфінідин глікозиди), кверцетин. Сильні антиоксиданти, ноотропна дія.
Колір напою	Насичений бурштиновий або коричневий. Колір стабільний, не залежить від рН середовища	Унікальний. Вихідний настій – синій/блакитний в процесі ферментації та зниженні рН комбуча набуває яскраво-фіолетового та лілових кольорів.
Вплив на смак	Надає виразний терпкий, насичений, іноді солодовий смак, який є основою смакового профілю.	Нейтральний або ледь трав'янистий. Легко доповнюється фруктами та спеціями.
Позиціонування продукту	Класична комбуча. Тонізуючий, освіжаючий напій.	Преміальна, функціональна комбуча. Релаксаційний, візуально привабливий напій.

Таким чином, можливою сировиною для виробництва комбучі є чай анчан, що дозволяє розширити асортимент цього напою.

3.2 Дослідження технологічних режимів приготування настою чаю анчан

Підготовка суслу є одним із ключових етапів технології виробництва комбучі, оскільки саме на цьому етапі формується поживне середовище для розвитку симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*. У традиційній технології використовується чорний або зелений чай, однак сучасні тенденції до розвитку інноваційних ферментованих напоїв стимулюють дослідження альтернативних видів рослинної сировини.

Чай анчан (*Clitoria ternatea*) набуває популярності завдяки відсутності кофеїну, високому вмісту антоціанів та інтенсивному природному забарвленню. Проте його хімічний склад суттєво відрізняється від складу традиційного чайного листа, що зумовлює необхідність вивчення впливу технологічних параметрів на формування оптимального складу суслу для ферментації.

Масова частка рослинної сировини є одним із ключових технологічних параметрів, що визначають інтенсивність екстракційних процесів та рівень надходження біологічно активних речовин (БАР) у водний настій під час приготування суслу для комбучі, зокрема на основі чаю анчан (*Clitoria ternatea*). Численні дослідження у галузі технології напоїв доводять, що саме кількість рослинної сировини визначає концентраційний градієнт між твердою та рідкою фазами, що, у свою чергу, регулює швидкість масоперенесення.

На рис.3.1 наведено залежність вмісту біологічно активних речовин у настій від масової частки рослинної сировини.

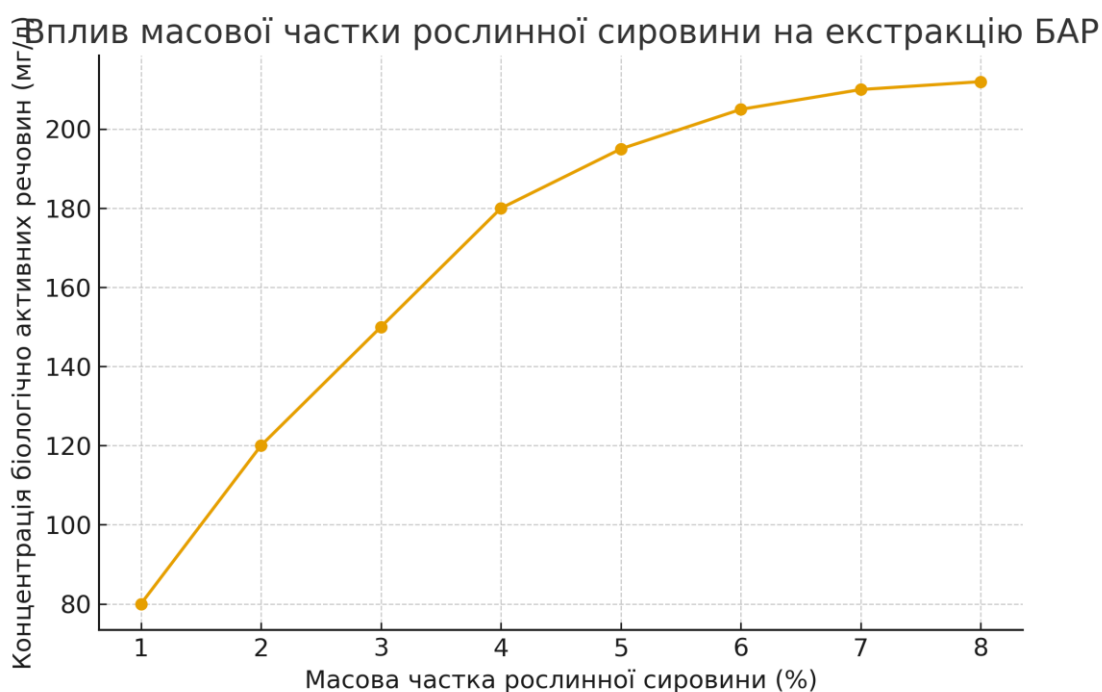


Рис. 3.1 Вплив масової частки рослинної сировини на вміст біологічно активних речовин у настій

За збільшення масової частки сировини спостерігається підвищення вмісту флавоноїдів, антоціанів, фенольних кислот, терпенів та інших водорозчинних

компонентів. Це пояснюється тим, що більша кількість субстрату містить більше клітинних структур, з яких можуть дифундувати БАР. На початкових етапах збільшення дозування (1...4 %) екстракція зростає практично лінійно, що пов'язано з високою доступністю функціональних груп поліфенольних сполук для переходу у водну фазу. Проте, при подальшому підвищенні масової частки рослинної сировини (5...8 %) спостерігається «ефект насичення», що характеризується зменшенням приросту концентрації БАР. Це пов'язано з такими факторами:

- зменшенням різниці концентрацій між фазами, що уповільнює дифузію;
- підвищенням в'язкості системи;
- частковим екрануванням активних поверхонь частками сировини;
- досягненням рівноваги між фазами.

У разі використання чаю анчан екстракційна здатність також залежить від структурних особливостей антоціанових пігментів (насамперед тернатинів), які є водорозчинними, але мають обмеження у швидкості виходу із клітинних вакуолей.

На рис. 3.2 наведено зовнішній вигляд настою чаю анчан із використанням від 1 до 8 г на 1 дм³.



Рис. 3.2 Зовнішній вигляд настою чаю анчан за різних концентрацій

Встановлено:

від 1 до 3 г/дм³ спостерігали інтенсивне зростання характерної забарвленості (80...160 мг/дм³) завдяки максимальній активності дифузійних процесів;

від 4 до 5 г/дм³ — характеризується оптимальним ефективністю екстрагування із високим рівнем вилучення БАР (до 200 мг/дм³);

від 6 до 8 г/дм³ — уповільнення зростання (208...213 мг/дм³), що свідчить про наближення до екстракційної рівноваги.

Отже, оптимальна масова частка сировини для отримання насиченого за біоактивними речовинами суслу анчану становить 4...6 г/дм³. Вищі значення технологічно недоцільні, оскільки не забезпечують суттєвого приросту вмісту БАР, але збільшують витрати сировини.

Температура води є критичним фактором, який впливає на кількість вилучених біологічно активних речовин і стабільність природних барвників. Антоціани, що забезпечують характерне синьо-фіолетове забарвлення, є чутливими до підвищених температур та кислотності середовища.

Визначали температуру екстрагування, зовнішній вигляд, аромат, вміст фенольних сполук та антоціанів. Отримані результати наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вплив температури екстрагування на органолептичні показники та вміст фенольних сполук і антоціанів на показники екстракту

Назва критерію	Характеристика екстракту за температури			
	40 °С	60 °С	80 °С	100 °С
Зовнішній вигляд	+	+	+	+
Аромат	-	+	+	+/-
Фенольні сполуки	-	+	+	+/-
Антоціани	-	+	+	+

Примітка: «+» — вплив позитивний; «-» — вплив негативний; +/- — впливу не визначено.

Важливим у екстрагуванні є температура, яка має значення для збереження біологічно активних речовин, зокрема антоціанів, які чутливі до високих температур. Вибір температури екстрагування для досягнення максимально можливого їх вмісту має вирішальне значення. При надмірно високих температурах (100 °С протягом 20 хв і більше) можливе часткове руйнування антоціанів, зменшення інтенсивності кольору та перехід поліфенолів у менш стабільні форми. Занадто низькі температури (40...50 °С) призводять до недостатнього вилучення біоактивних речовин, що погіршує поживні властивості сусла.

Встановлено, що температура екстрагування впливала на досліджувані показники. Оптимальною температурою визначено 60...80 °С. При цих температурах зменшення вмісту антоціанів становило від 37 до 82 %.

Після екстракції анчану сусло повинно бути охолоджене до температури 20...30 °С перед внесенням SCOBY та стартової комбучі. Вища температура може пошкодити мікроорганізми.

Тривалість охолодження впливає на стабільність поліфенолів та антоціанів, тому рекомендується швидке охолодження з мінімальним контактом із киснем.

Параметри приготування сусла з чаю анчан суттєво впливають на якість ферментованого напою та активність SCOBY. Для забезпечення оптимальної

ферментації необхідно контролювати: концентрацію рослинної сировини — 3...6 г/дм³ та температуру екстрагування — 60...80 °С. Дотримання цих параметрів забезпечує отримання високоякісної комбучі з анчану з властивими їй оздоровчими характеристиками, насиченим кольором, стабільним ферментаціям і вираженим функціональним потенціалом.

3.3 Вплив чаю анчан на вміст сухих речовин і загальну кислотність при ферментації сусла культурою *Medusomyces gisevii*

Комбуча користується все більшою популярністю, оскільки містить значну кількість біологічно активних сполук, зокрема вітаміни, мінеральні речовини, білки, які утворюються в результаті ферментації.

Наявність у напої біологічно активних сполук надає комбучі численні біоактивні властивості, такі як антиоксидантна, антигіпертензивна, гіпоглікемічна, холестерин-знижувальна, гепатопротекторна, антипроліферативна та протимікробна.

Вирішальним етапом виробництва комбучі є дослідження процесу ферментації. Досліджували динаміку вмісту сухих речовин та загальної кислотності.

На рис. 3.3 наведено динаміку зброджування сусла при використанні нетрадиційної сировини, чаю анчан. Як дослід використовували сусло на основі чаю анчан, а контроль – сусло на основі чорного чаю.

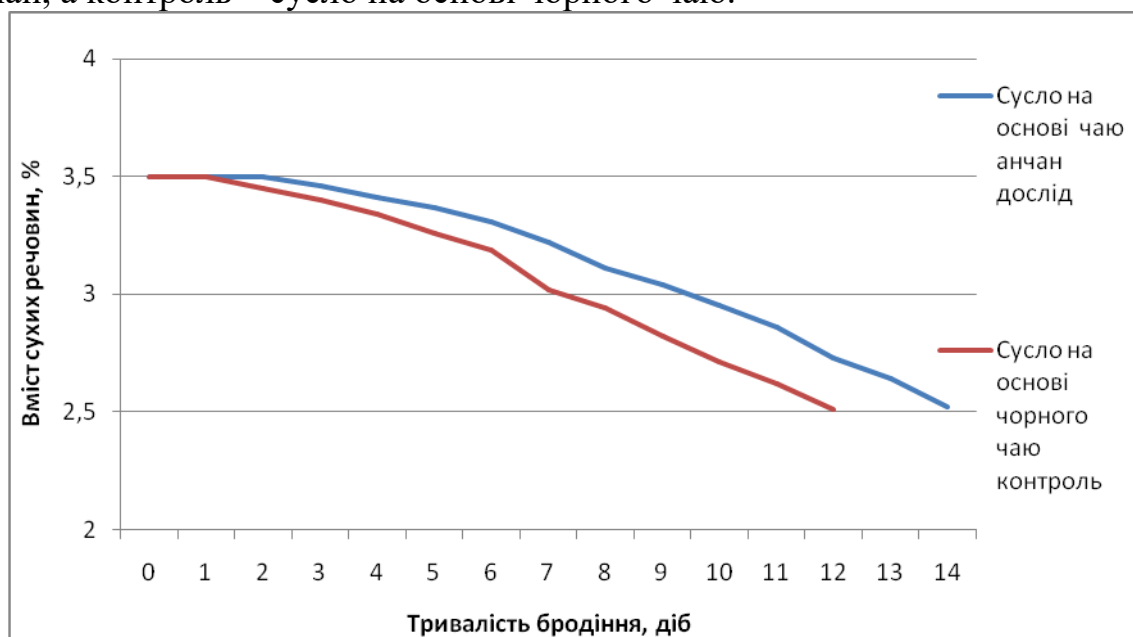


Рис. 3.3 Динаміка зміни вмісту сухих речовин сусла в процесі ферментація

Найбільш повно збродило сусло на основі чорного чаю, що в середньому на 17 % більше у порівнянні з контрольним зразком.

Динаміка зміни вмісту сухих речовин у суслі на основі чорного чаю та чаю анчан відображає різну інтенсивність перебігу мікробіологічних і біохімічних процесів ферментації, що зумовлено відмінностями хімічного складу цих видів сировини та їхнім впливом на метаболізм симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*. В обох випадках процес починається зі стадії гідролізу сахарози під дією

дріжджової інвертази, яка розщеплює дисахарид на глюкозу і фруктозу, після чого дріжджі інтенсифікують гліколітичні перетворення, утворюючи етанол і діоксид вуглецю, а оцтовокислі бактерії за наявності кисню окиснюють етанол до оцтової кислоти. Загалом це веде до зниження концентрації доступного субстрату, що проявляється як поступове зменшення вмісту сухих речовин.

Встановлено, що найбільш інтенсивно процес ферментація відбувався з четвертої до восьмої доби для контрольного та дослідного зразків, що можна пояснити логарифмічною фазою росту дріжджових клітин, як складової консорціуму *Medusomyces gisevii*. Хоча обидва зразки демонструють подібну тенденцію зниження СР, швидкість цього процесу суттєво відрізняється. Дані показують, що сусло на основі чорного чаю знижує вміст сухих речовин приблизно на 17 % швидше, ніж сусло з анчану, оскільки середня швидкість зменшення СР становить 0,082 % на інтервал у чорному чаї проти 0,070 % в анчані. Ця різниця є системною і проявляється протягом усього періоду ферментації, особливо у перших фазах, коли відбувається активізація метаболічної діяльності мікроорганізмів.

Біохімічні причини цього явища ґрунтуються на відмінностях у складі чаїв. Чорний чай має вищий вміст розчинних азотистих речовин, включаючи вільні амінокислоти та продукти ферментації чайного листа, які є критично важливими для синтезу ферментів і структурних компонентів клітин дріжджів. Це скорочує фазу адаптації мікроорганізмів і забезпечує швидший вихід на експоненційну фазу росту. Крім того, чорний чай містить кофеїн, який, хоч і не є прямим субстратом метаболізму дріжджів і бактерій, має стимулювальний ефект, підсилюючи клітинний обмін та активуючи певні ферментативні системи, що також прискорює початкову динаміку ферментації. Поліфенольний профіль чорного чаю представлений переважно теафлавінами і теарубігінами, які меншою мірою інгібують ферменти мікроорганізмів і можуть навіть стабілізувати деякі окисно-відновні процеси, необхідні для ефективного перебігу ферментації.

Анчан, попри високу цінність у харчуванні, має інший фенольний склад, домінований антоціановими сполуками, які можуть утворювати міцні комплекси з білками та ферментами, тимчасово зменшуючи їхню активність. Це може затримувати початкові етапи ферментації, сприяючи довшому лаг-періоду. Крім того, анчан містить менше доступного азоту, що обмежує інтенсивність синтезу біомаси, знижує рівень інвертазної активності дріжджів і сповільнює швидкість утилізації вуглеводів. Вміст мікроелементів, які слугують кофакторами ферментів, зокрема магнію та калію, також є нижчим у анчані порівняно з чорним чаєм, що погіршує загальну біохімічну продуктивність мікрофлори.

Окремо важливими є фізико-хімічні чинники. Буферна ємність чорного чаю є вищою, що дозволяє мікроорганізмам працювати в більш стабільному середовищі. Анчан має нижчу буферність, тому локальні коливання рН можуть тимчасово пригнічувати ферментативну активність. Антоціани також здатні змінювати окисно-відновний потенціал середовища, що може впливати на дегідрогеназні реакції дріжджів, знижуючи їхню ефективність у перші години ферментації. Разом це формує сукупний ефект: сусло з чорного чаю швидше переходить у фазу активної ферментації, тоді як сусло з анчану демонструє

уповільнений старт, але надалі рухається за подібною динамікою зменшення сухих речовин.

Статистично різницю в темпі ферментації між зразками можна інтерпретувати як ефект підвищеної максимальної швидкості метаболізму (μmax) у зразка на чорному чаї, що цілком узгоджується як з хімічними характеристиками сировини, так і з біохімічною природою мікробних перетворень. У кінцевому підсумку обидва види сусла досягають близьких кінцевих значень СР, але чорний чай забезпечує істотно швидше проходження основних етапів ферментації, що робить його більш активним субстратом для SCOBY. Це свідчить про важливість хімічного складу чаю як фактора регуляції швидкості біотехнологічних процесів у виробництві комбучі та дозволяє цілеспрямовано оптимізувати рецептури на основі анчану шляхом корекції азотного та мінерального балансу чи застосування стартової культури підвищеної активності.

Динаміку загальної кислотності сусла у процесі ферментація наведено на рис. 3.4.

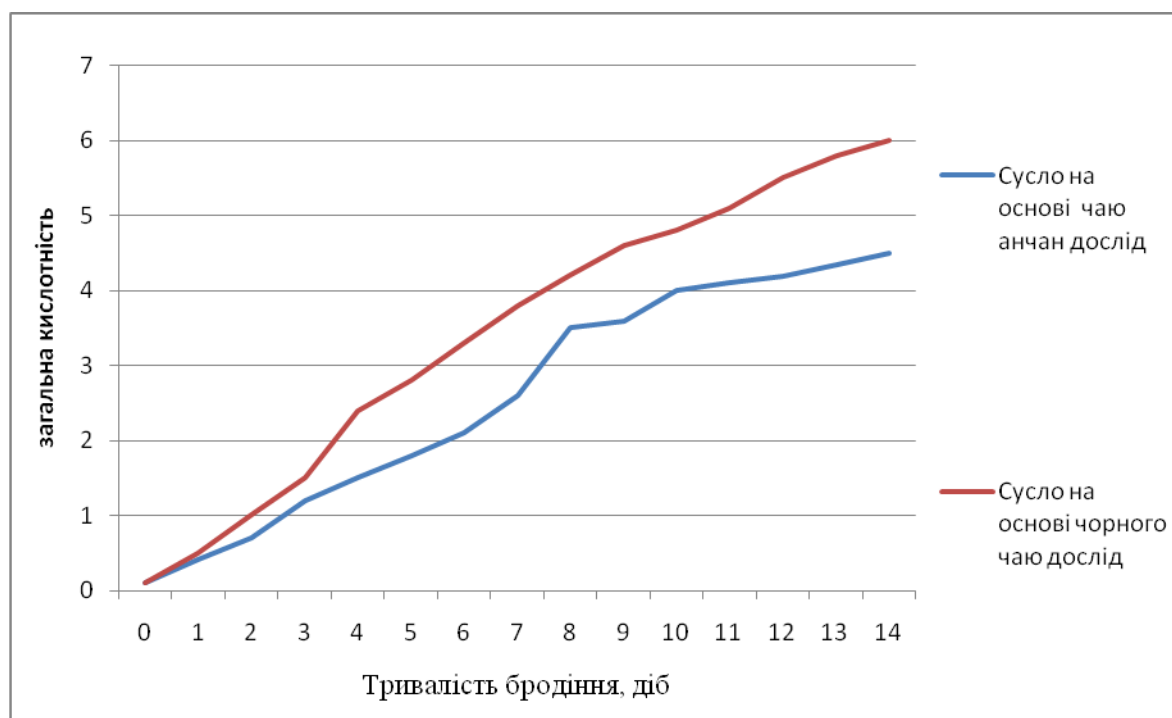


Рис. 3.4 Динаміка загальної кислотності сусла в процесі ферментація

Загальна кислотність сусла усіх зразків в процесі ферментація збільшувалась, що пояснюється накопиченням головним чином оцтової та глюконової кислот, що утворюються окисленням етанолу та альдегідної групи глюкози відповідно.

Дослідження зміни кислотності ферментаційного середовища показали, що сусло на основі чорного чаю характеризується значно інтенсивнішим наростанням титрованої кислотності порівняно з аналогічним середовищем, приготовленим на основі чаю анчан. Обидва варіанти мали однакову стартову кислотність, що виключає вплив початкових умов і дозволяє зіставляти подальшу динаміку на пряму. Уже на початкових етапах ферментації спостерігається

розбіжність у швидкості утворення органічних кислот: кислотність суслу на чорному чаї зростає від 0,1 до 1,0 см³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³, тоді як для анчану — лише до 0,7 см³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³. Наступні етапи засвідчують збереження тенденції та збільшення розриву, який стає статистично значущим ($p < 0,05$) з середини експерименту. Так, на рівні приблизно середини ферментації показники становили 3,3 см³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³ для чорного чаю та лише 2,1 см³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³ для анчан, що свідчить про вищу метаболічну активність оцтовокислих бактерій саме у середовищі чорного чаю.

Отримані дані демонструють, що загальна швидкість приросту кислотності у суслі на чорному чаї майже вдвічі вища, ніж у суслі на анчані. Якщо порівняти кінцеві значення різниці кислотності становить 1,5 см³ р-ну NaOH концентрацією 1 моль/дм³ на 100 см³, що є суттєвим показником у контексті ферментаційних процесів.

Таким чином, кислотність у чорному чаї зростала приблизно на 34 % швидше, ніж у анчані. Це пов'язано з більш високою концентрацією поліфенолів (катехинів, теафлавінів, теарубигінів), які є субстратами та індукентами метаболізму симбіотичної культури SCOBY. Крім того, чорний чай містить більше азотовмісних сполук, зокрема амінокислотного азоту, що забезпечує повноцінне живлення дріжджових клітин і прискорює первинне спиртове ферментація. Збільшення швидкості утворення етанолу на ранніх етапах активує оцтовокислі бактерії, які використовують етанол як основний субстрат у реакції його окиснення.

У свою чергу, анчан характеризується іншим фенольним профілем: багатий на антоціани (термолабільні сполуки), він має менший вміст катехинів та танінів, які є ключовими кофакторами для більш активного ферментаційного метаболізму. Антоціани не виконують аналогічної буферної та стимуляційної функції, а під дією кислих умов частково деградують, що може додатково інгібувати активність певних мікроорганізмів. Це пояснює менш інтенсивне зростання кислотності та більш плавний її приріст.

Таким чином, сусло на основі чорного чаю є більш ефективним субстратом для ферментації, зокрема кислотоутворення, порівняно з суслom на основі чаю анчан. Це зумовлено більш придатним хімічним складом чорного чаю, що сприяє активній життєдіяльності дріжджів і бактерій, формуючи більшу швидкість метаболічних перетворень і, відповідно, інтенсивніший ріст кислотності протягом усього періоду ферментації.

Отже, чай анчан може використовуватися як сировина для приготування комбучі, однак для інтенсифікації процесу ферментація проведено ряд досліджень де до чаю анчан додавали чай чорний у таких співвідношеннях:

- зразок 1 — чай анчан 100%,
- зразок 2 — чай анчан 80 % та чорний чай 20 %,
- зразок 3 — чай анчан 60 % та чорний чай 40 %,
- зразок 4 — чай анчан 40 % та чорний чай 60 %,
- зразок 5 — чай анчан 20 % та чорний чай 80 %.

Щоб забезпечити прийнятний процес ферментація за участі чаю анчан і водночас зберегти характерний (синьо-фіолетовий) колір напою, потрібно поєднати підбір їх оптимальне співвідношення, корекцію технологічних параметрів спрямованих на підвищення біодоступності поживних речовин для культури *Medusomyces gisevii* (щоб скоротити лаг-фазу і збільшити швидкість метаболізму), мінімізацію руйнівних факторів для антоціанів (вони визначають колір анчану) і контролю кінцевих кислотно-лужних умов, окисно-відновного стану та тривалості контакту антоціанів з ферментуючою мікрофлорою. На рис. 3.5 та 3.6 наведено зовнішній суслу до та після ферментації.

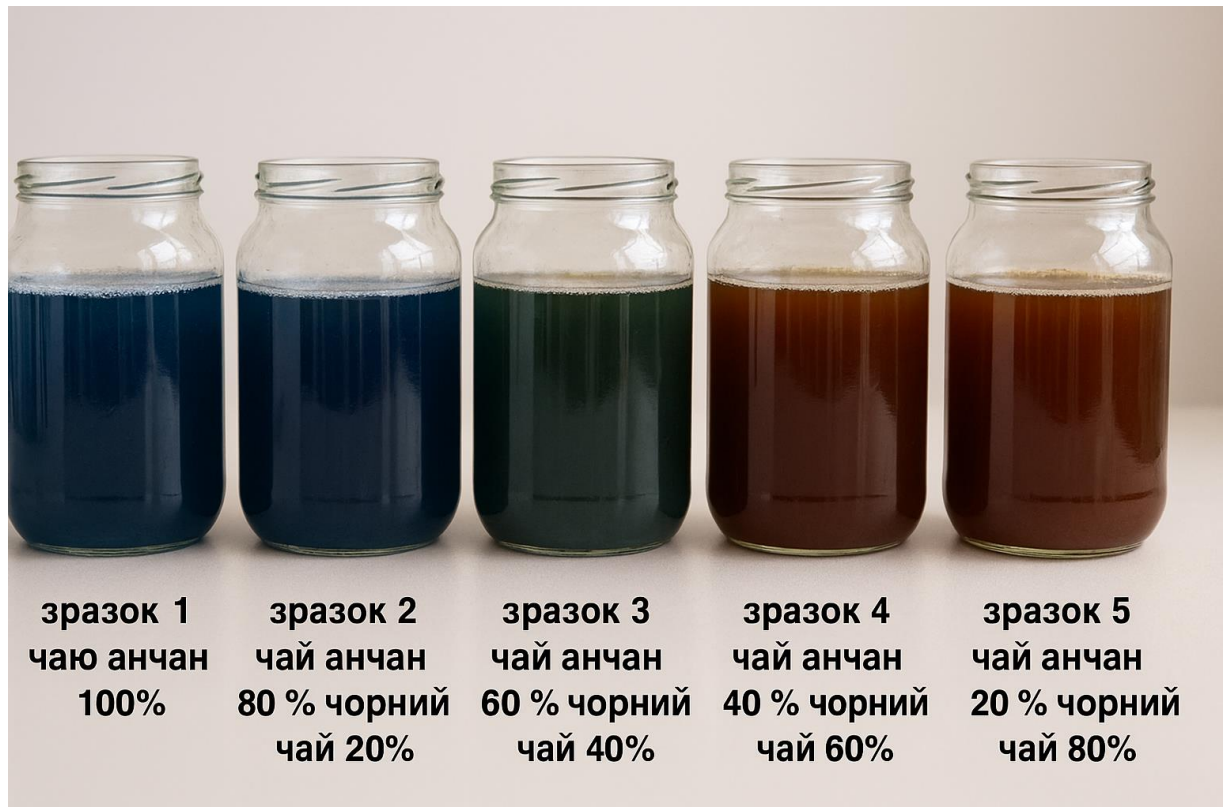


Рис. 3.5 — Зовнішній вигляд суслу досліджуваних зразків перед ферментацією



Рис. 3.6 — Зовнішній вигляд сусла після ферментації

Характерний синій/синьо-фіолетовий колір анчану зумовлений групою антоціанів (ternatins і споріднені пігменти). Антоціани відчутно залежать від рН: у лужному та нейтральному середовищі переважає синій відтінок, у слабокислому — фіолетовий/рожевий, при подальшому підкисленні вони втрачають інтенсивність кольору. Ферментація комбучі супроводжується зниженням рН, що зумовлено утворенням органічних кислот, а отже ризик втрати «синього» кольору досить високий. Натомість чорний чай містить вільні амінокислоти, розчинні білкові фракції, кофеїн, поліфеноли (теафлавіни, теарубігіни), а також мінерали, які загалом підвищують поживність середовища для дріжджів і бактерій, стимулюють швидкий метаболізм і призводять до інтенсивного продукування етанолу з подальшим утворенням оцтової кислоти. Таким чином, додавання чорного чаю здатне істотно пришвидшити ферментацію, але водночас змінює колір напою (потемніння, бурі тони) й може сприяти швидшому зниженню рН із послідуною втратою антоціанового синього кольору.

Тому важливим було визначення оптимального співвідношення чаю чорного та чаю анчан, що забезпечувало б достатнє стимулювання культури *Medusomyces gisevii*, але не домінувало настільки, щоб нівелювати візуальну ідентичність анчану. Отже, за отриманими результатами встановлено, що:

- зразок 1 — максимальне збереження автентичного кольору, але найдовший лаг-період і повільна ферментація через нестачу біодоступного азоту та кофакторів; може бути використаний для преміальної продукції, але вимагає технологічних корекцій.

- зразок 2 — оптимальне співвідношення чаїв, що забезпечує збереження домінуючого синього/фіолетового відтінку і необхідну ферментаційну активність культури *Medusomyces gisevii*; 20 % чорного чаю забезпечує достатнє азотне живлення, кофеїну та мінералів для прискорення стартової фази ферментації; колірний профіль анчану залишається помітним синьо-фіолетовим, що зумовлено домінуючими антоціанами.

- зразок 3 — значна інтенсифікація ферментації, колір зміщується до темніших відтінків (глибокий фіолет/коричнево-фіолетовий).

- зразки 4–5 — потужна стимуляція ферментації, мінімальна синьо-фіолетова компонента; анчан є лише допоміжним кольороутворювачем/ароматизатором і практично не впливає на колір напою.

Таким чином, співвідношення від 80:20 до 60:40 є найперспективнішими для балансу «колір — швидкість ферментації». Зразок 80:20 дозволяє зберегти домінуючий синьо-фіолетовий вигляд і при цьому забезпечити помітне скорочення тривалості ферментації (можливе зниження лаг-фази на 20–40 % у порівнянні з 100 % анчаном при додатковому м'якому живленні азотом або застосуванні стартової комбучі. Зразок 60:40 дає ще більшу технологічну вигоду (швидке падіння сухих речовин і інтенсивніший кислотогенез), але вимагає жорсткішого контролю рН та, можливо, швидшого завершення ферментації, щоб зберегти видимий синій колір. Співвідношення 40:60 і 20:80 дають швидку і стабільну ферментацію, але кольоровий ефект анчану в цих варіантах практично втрачається — такі рецептури є прийнятними, якщо ціль — інтенсифікація ферментації, а не збереження візуальної ідентичності анчану.

Таким чином, для збереження кольору анчану і одночасно прискорення ферментації можна рекомендувати співвідношення анчан:чорний чай від 80:20 до 60:40 при контролі рН. Настої треба готувати окремо і змішувати безпосередньо на стадії приготування сула.

3.4 Дослідження органолептичних показників комбучі на основі чаю анчан

Органолептичні показники є одним із ключових критеріїв оцінки якості ферментованих напоїв, оскільки саме вони визначають споживчу привабливість продукту, формують перше враження та впливають на рішення щодо повторного споживання. У контексті розроблення комбучі на основі нетрадиційної рослинної сировини — чаю анчан (*Clitoria ternatea*) — органолептична оцінка набуває особливої актуальності, оскільки дана сировина суттєво впливає на колір, ароматичний профіль і смак напою.

У даному дослідженні було оцінено п'ять зразків комбучі, виготовлених із різним співвідношенням чаю анчан і чорного чаю.

Зразок 1, виготовлений на основі 100 % чаю анчан, вирізнявся інтенсивним насиченим синьо-фіолетовим кольором, що є типовим для антоціанів, наявних у пелюстках *Clitoria ternatea*. Аромат напою був м'яким, з легкими квітковими та трав'янистими нотами, без різкої чайної терпкості. Смак характеризувався помірною кислотністю, легким солодкуватим відтінком та освіжаючим

післясмаком, що загалом створювало гармонійне, проте дещо делікатне смакове сприйняття.

Зразок 2 (80 % чаю анчан і 20 % чорного чаю) мав дещо менш інтенсивний, але все ще виразний синьо-фіолетовий колір з легким темним відтінком. Додавання чорного чаю посилило аромат, надавши йому класичних чайних нот, що поєднувалися з квітковим профілем анчану. Смак став більш насиченим, із чіткіше вираженим кисло-солодким балансом та м'якшим, тривалішим післясмаком.

Зразок 3 (60 % чаю анчан і 40 % чорного чаю) продемонстрував оптимальне поєднання органолептичних властивостей. Колір напою був глибоким, синьо-бурштиновим, привабливим для споживача. Аромат відзначався гармонійним поєднанням квіткових та класичних чайних відтінків. Смак був повним, округлим, із добре врівноваженою кислотністю та приємною солодовою нотою чорного чаю. Післясмак тривалий, чистий, без різких кислотних або дріжджових відтінків.

Зразок 4 (40 % чаю анчан і 60 % чорного чаю) характеризувався більш стриманим забарвленням із домінуванням темно-бурштинових тонів. Аромат став більш вираженим і «чайним», з легкою терпкістю. Смак напою був насиченим, із чітко сформованим кисло-солодким балансом, що робило його близьким до традиційних зразків комбучі. Післясмак тривалий, із помірною терпкістю, притаманною чорному чаю.

Зразок 5 (20 % чаю анчан і 80 % чорного чаю) мав найменш виражений колір анчану, практично класичний для чорного чаю. Аромат був інтенсивним, з домінуванням чайних і ферментативних нот. Смак характеризувався найбільшою повнотою та насиченістю, добре вираженою кислотністю та тривалим післясмаком. Такий зразок за органолептичними властивостями є найбільш наближеним до традиційної комбучі, однак з мінімальним візуальним ефектом, притаманним анчану.

Органолептичну оцінку здійснювали за такими показниками: колір, аромат, смак, кисло-солодкий баланс та післясмак із використанням п'ятибальної шкали. Відповідно до ДСТУ 4069:2016 за органолептичними показниками ферментовані напої, до яких належить напій комбуча, повинні відповідати вимогам, зазначеним у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники якості ферментованого напою комбуча

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора або з легкою опалесценцією рідина, що піниться. Може бути наявна невелика кількість осаду, що обумовлюється особливостями використаної сировини, без сторонніх домішок, які не притаманні продукту
Колір	Характерний вхідній сировині
Смак і аромат	Освіжаючий смак і аромат чайного листя. Можуть бути присутні дріжджові та оцтові присмаки та аромати

Масова частка сухих речовин, %	3,0...10,0
Кислотність, см ³ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм ³ на 100 см ³ напою	2,4...5,0
Масова частка діоксиду вуглецю, %, не більше	0,45
Об'ємна частка спирту, %	0,1

Для наочного порівняння органолептичних властивостей досліджуваних зразків була побудована профілографа (рис. 3.7), яка відображає інтенсивність основних сенсорних характеристик.

Аналіз профілограми показав, що зі зменшенням частки чаю анчан та збільшенням вмісту чорного чаю спостерігається зростання показників смаку, кисло-солодкого балансу та післясмаку, тоді як інтенсивність кольору поступово знижується. Високі бали зразка 1 за показником «колір» пояснюються значним вмістом антоціанів, характерних для чаю анчан, що було підтверджено у розділі, присвяченому вивченню антиоксидантного потенціалу сировини. Разом з тим, нижчі показники смаку та післясмаку пов'язані з меншою кількістю азотистих сполук у чаї анчан, що обмежує метаболічну активність мікроорганізмів SCOBY та, відповідно, формування складного смакового профілю.

Зі збільшенням частки чорного чаю (зразки 3–5) спостерігається зростання інтенсивності смаку, кисло-солодкого балансу та тривалості післясмаку. Це узгоджується з результатами фізико-хімічних досліджень, де було встановлено підвищення концентрації органічних кислот, поліфенольних сполук та екстрактивних речовин, що сприяють формуванню повноти смаку. Зразок 3 характеризується найбільш гармонійним поєднанням органолептичних показників, що підтверджує доцільність комбінування анчану з чорним чаєм у співвідношенні 60:40 як оптимального варіанту для створення функціонального напою з привабливими сенсорними властивостями.

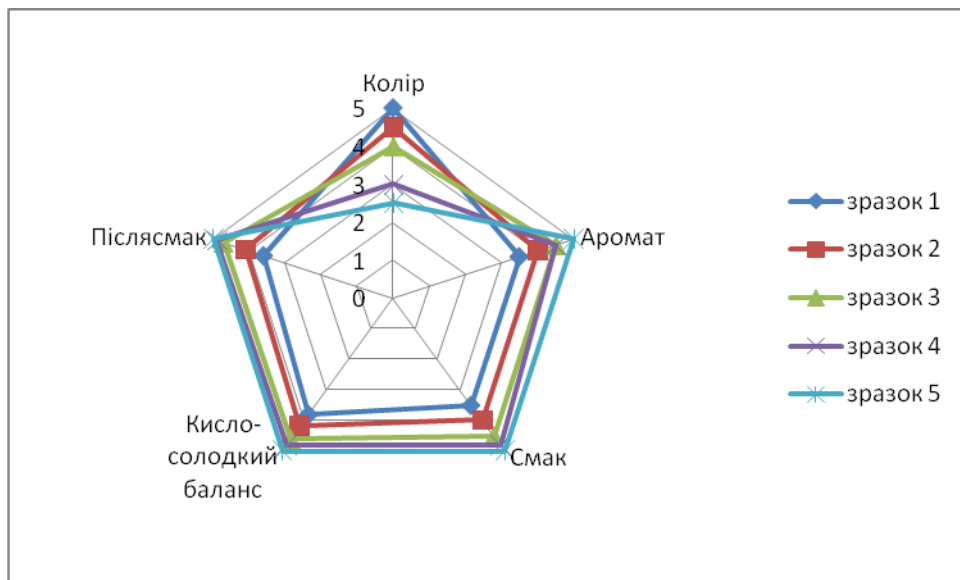


Рис. 3.7 — Профілограма досліджуваних зразків

Найбільш збалансованими за сукупністю органолептичних показників виявилися зразки 2 та 3, що свідчить про доцільність використання комбінованої чайної основи у виробництві комбучі. Водночас зразок 1 має високу привабливість з точки зору кольору та оригінальності, що може бути перспективним для створення функціональних або дизайнерських напоїв.

3.5 Розробка технологічної схеми приготування ферментованого напою з використанням чаю анчан

Сучасні тенденції у виробництві функціональних напоїв спрямовані на пошук нових видів рослинної сировини, здатної не лише забезпечити унікальні органолептичні властивості, а й підвищити біологічну цінність кінцевого продукту. Серед такої перспективної сировини особливу увагу привертає чай анчан (*Clitoria ternatea*), відомий високим вмістом антоціанів, антиоксидантів та адаптогенних сполук. Поєднання його природних фарбувальних властивостей із потенціалом ферментації за участю симбіотичної культури мікроорганізмів (SCOBY) відкриває можливості для створення нових видів комбучі з високою функціональною активністю та вираженою оздоровчою дією.

Розроблення технологічної схеми приготування ферментованого напою на основі чаю анчан потребує ґрунтовного аналізу фізико-хімічних параметрів сировини, оптимальних умов екстрагування, особливостей живильного середовища для мікробіоти SCOBY та специфіки перебігу ферментаційних процесів. У цьому розділі узагальнено результати експериментальних досліджень, проведено обґрунтування вибору технологічних режимів, а також представлено поетапний опис виробничого процесу — від підготовки сировини до отримання готового напою. Запропонована технологічна схема демонструє можливості інтеграції нетрадиційної рослинної сировини у традиційний процес виробництва комбучі, забезпечуючи високу якість, стабільність та функціональність продукту.

На рисунку 3.8 наведена принципова технологічна схема приготування комбучі із використанням чаю анчан.

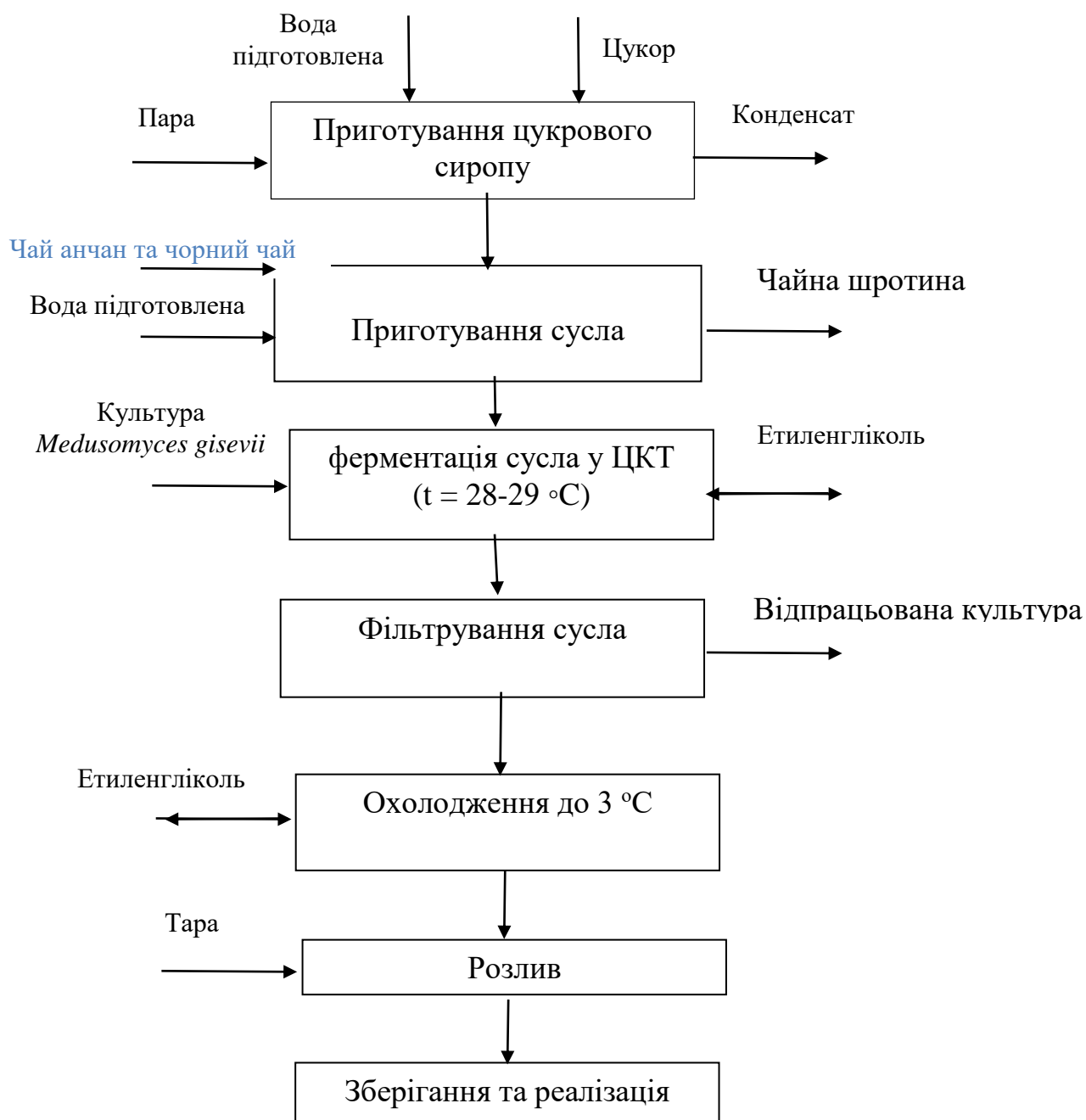


Рис. 3.8. Принципова технологічна схема приготування комбучі з використанням чаю анчан

Наведена схема передбачає для приготування суслу використання нетрадиційної сировини чаю анчан та використання чорного чаю, цукрового сиропу, що сприяє інтенсифікації технологічного процесу та покращенню органолептичних показників комбучі та її цінності.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Визначено перспективність використання чаю анчан у технології комбучі.
2. Встановлено, що оптимальною кількістю сировини для отримання настою анчану є 3...6 г/дм³. Вищі значення технологічно недоцільні, оскільки не забезпечують суттєвого приросту вмісту БАР, але збільшують витрати сировини, а нижчі не забезпечують необхідні кондиції напою.
3. Визначено, що оптимальною температурою екстрагування чаю анчан є 60...80 °С. За цих температур зменшення вмісту антоціанів становить 37...82 %.
4. Встановлено, що параметри приготування сусла з чаю анчан суттєво впливають на якість ферментованого напою та активність культури *Medusomyces gisevii*. Для забезпечення оптимальної ферментації необхідно за визначеної кількості сировини температура екстрагування повинна становити 60...80 °С. При цьому забезпечується отримання високоякісної комбучі та характерний колір чаю анчан і ймовірно збереження його функціонального потенціалу.
5. Встановлено, що сусло на основі чорного чаю є більш ефективним субстратом для ферментації, зокрема кислотоутворення, порівняно з суслим з використанням виключно із чаєм анчан. Це зумовлено більш придатним хімічним складом чорного чаю, що сприяє активній життєдіяльності дріжджів і бактерій, зумовлює більшу швидкість метаболічних перетворень, зокрема інтенсивному росту кислотності протягом ферментації.
6. Для збереження кольору чаю анчан і водночас прискорення ферментації рекомендовано співвідношення чай анчан:чорний чай від 80:20 до 60:40 при контролі рН. Настої треба готувати окремо і змішувати безпосередньо на стадії приготування сусла.
7. Визначено органолептичні показники комбучі із використанням чаю анчан.
8. Розроблено технологічну схему виробництва комбучі із використанням чаю анчан.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Обробку результатів досліджень проводили методом кореляційного аналізу. Дослідним шляхом в результаті збродження комбучі на основі чорного чаю готували два зразки сусла Зразок 1 (сусло на основі чаю анчан дослід); Зразок 2 (сусло на основі чорного чаю контроль) отримано значення сухих речовин (СР) у для заданих значень часу збродження (τ) x та подано у вигляді табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення сухих речовин (СР) у для заданих значень часу збродження (τ) x сусла

Тривалість(τ) збродження, діб	Вміст сухих речовин (СР) у суслі, %	
	Зразок 1	Зразок 2
0	3,50	3,50
1	3,50	3,50
2	3,50	3,45
3	3,46	3,40
4	3,41	3,34
5	3,37	3,26
6	3,31	3,19
7	3,22	3,02
8	3,11	2,94
9	3,04	2,82
10	2,95	2,71
11	2,86	2,62
12	2,73	2,51
13	2,64	-
14	2,52	-

На підставі цих даних розв'язуємо такі задачі:

- 1) характер функціональної залежності між величинами y та x невідомий, тому вибираємо аналітичний вираз залежності між y та x , який називається *емпіричною формулою*;
- 2) формула, що виражає функціональну залежність y від x , відома, тому визначаємо числові значення параметрів, що входять у цю формулу і, таким чином, отримуємо математичну модель;
- 3) математична модель, що виражає функціональну залежність y від x , відома, тому визначаємо середню відносну похибку математичної моделі.

Вибір вигляду емпіричної формули

Під час аналізу й опису закономірностей хімічних і фізико-хімічних процесів і явищ емпіричну формулу вибирають серед функцій: 1) $y = ax + b$ (лінійна); 2) $y = ab^x$ (показникова); 3) $y = \frac{1}{ax + b}$ (дробово-раціональна); 4) $y = a \ln x + b$ (логарифмічна); 5) $y = ax^b$ (степенева, причому при $b > 0$ залежність параболічна,

при $b < 0$ – гіперболічна); 6) $y = a + \frac{b}{x}$ (гіперболічна); 7) $y = \frac{x}{ax + b}$ (дробово-раціональна).

Визначаємо, яка з цих функцій найкраще описує отримані дослідні дані. Для цього виконуємо такі обчислення:

1. За даними табл. 4.1 знаходимо:

$$\begin{aligned} x_{\text{ар}} &= \frac{x_1 + x_n}{2}, & y_{\text{ар}} &= \frac{y_1 + y_n}{2} && \text{- середнє арифметичне } x_1 \text{ і } x_n \text{ та } y_1 \text{ і } y_n; \\ x_{\text{геом}} &= \sqrt{x_1 x_n}, & y_{\text{геом}} &= \sqrt{y_1 y_n} && \text{- середнє геометричне } x_1 \text{ і } x_n \text{ та } y_1 \text{ і } y_n; \\ x_{\text{гарм}} &= \frac{2x_1 x_n}{x_1 + x_n}, & y_{\text{гарм}} &= \frac{2y_1 y_n}{y_1 + y_n} && \text{- середнє гармонійне } x_1 \text{ і } x_n \text{ та } y_1 \text{ і } y_n, \end{aligned}$$

де x_n та y_n - останні значення даних табл. 4.1.

Знаходимо значення $x_{\text{ар}}, y_{\text{ар}}, x_{\text{геом}}, y_{\text{геом}}, x_{\text{гарм}}, y_{\text{гарм}}$ для зразку 1:

$$\begin{aligned} x_{\text{ар}} &= \frac{0+14}{2} = 7, & y_{\text{ар}} &= \frac{3,50+2,52}{2} = 3,01; \\ x_{\text{геом}} &= \sqrt{0 * 14} = 0, & y_{\text{геом}} &= \sqrt{3,50 * 2,52} = 2,9699; \\ x_{\text{гарм}} &= \frac{2*0*14}{0+14} = 0, & y_{\text{гарм}} &= \frac{2*3,50*2,52}{3,5+2,52} = 2,9302. \end{aligned}$$

Знаходимо значення $x_{\text{ар}}, y_{\text{ар}}, x_{\text{геом}}, y_{\text{геом}}, x_{\text{гарм}}, y_{\text{гарм}}$ для зразку 2:

$$\begin{aligned} x_{\text{ар}} &= \frac{0+12}{2} = 6, & y_{\text{ар}} &= \frac{3,50+2,51}{2} = 3,005; \\ x_{\text{геом}} &= \sqrt{0 * 12} = 0, & y_{\text{геом}} &= \sqrt{3,50 * 2,51} = 2,9639; \\ x_{\text{гарм}} &= \frac{2*0*12}{0+12} = 0, & y_{\text{гарм}} &= \frac{2*3,50*2,51}{3,50+2,51} = 2,9235. \end{aligned}$$

2. За даними табл. 4.1 знаходимо значення $y_{\text{ар}}^*, y_{\text{геом}}^*, y_{\text{гарм}}^*$, що відповідають значенням $x_{\text{ар}}, x_{\text{геом}}, x_{\text{гарм}}$. При цьому, якщо $x_{\text{ар}}$ (чи $x_{\text{геом}}, x_{\text{гарм}}$) збігається з табличним x_i , то відповідне значення $y_{\text{ар}}^*$ (чи $y_{\text{геом}}^*, y_{\text{гарм}}^*$) дорівнює y_i ; у протилежному разі $y_{\text{ар}}^*$ (чи $y_{\text{геом}}^*, y_{\text{гарм}}^*$) визначаємо, користуючись формулою лінійної інтерполяції:

$$y_{\text{ар}}^* = y_i - \frac{y_i - y_{i+1}}{x_{i+1} - x_i} \times (x_{\text{ар}} - x_i),$$

де $x_i, x_{i+1}, y_i, y_{i+1}$ – значення даних табл. 4.1 між якими знаходяться $x_{\text{ар}}$ ($x_i < x_{\text{ар}} < x_{i+1}$) та $y_{\text{ар}}^*$ ($y_i > y_{\text{ар}}^* > y_{i+1}; i = 1, 2, \dots, n - 1$).

Знаходимо значення $y_{\text{ар}}^*, y_{\text{геом}}^*, y_{\text{гарм}}^*$ для зразку 1:

Оскільки $x_{\text{ар}} = x_8$, то $y_{\text{ар}}^* = y_8 = 3,22$.

Оскільки $x_{\text{геом}} = x_1$, то $y_{\text{геом}}^* = y_1 = 3,50$.

Оскільки $x_{\text{гарм}} = x_1$, то $y_{\text{гарм}}^* = y_1 = 3,50$.

Знаходимо значення $y_{\text{ар}}^*, y_{\text{геом}}^*, y_{\text{гарм}}^*$ для зразку 2:

Оскільки $x_{\text{ар}} = x_7$, то $y_{\text{ар}}^* = y_7 = 3,19$.

Оскільки $x_{\text{геом}} = x_1$, то $y_{\text{геом}}^* = y_1 = 3,50$.

Оскільки $x_{\text{гарм}} = x_1$, то $y_{\text{гарм}}^* = y_1 = 3,50$.

3. Знаходимо величини: $\varepsilon_1 = |y_{ар}^* - y_{ар}|$, $\varepsilon_2 = |y_{ар}^* - y_{геом}|$,
 $\varepsilon_3 = |y_{ар}^* - y_{гарм}|$, $\varepsilon_4 = |y_{геом}^* - y_{ар}|$, $\varepsilon_5 = |y_{геом}^* - y_{геом}|$, $\varepsilon_6 = |y_{гарм}^* - y_{ар}|$,
 $\varepsilon_7 = |y_{гарм}^* - y_{гарм}|$ і серед них визначаємо мінімальне значення
 $\varepsilon_{min} = \min \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_7\}$.

Знаходимо величини $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6, \varepsilon_7$ і визначаємо ε_{min} для зразку 1:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= |3,22 - 3,01| = 0,21, & \varepsilon_2 &= |3,22 - 2,9699| = 0,2301, \\ \varepsilon_3 &= |3,22 - 2,9302| = 0,2698, & \varepsilon_4 &= |3,50 - 3,01| = 0,49, \\ \varepsilon_5 &= |3,50 - 2,9699| = 0,5301, & \varepsilon_6 &= |3,50 - 3,01| = 0,49, \\ \varepsilon_7 &= |3,50 - 2,9302| = 0,5698, & \varepsilon_{min} &= \varepsilon_1 = 0,21. \end{aligned}$$

Знаходимо величини $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6, \varepsilon_7$ і визначаємо ε_{min} для зразку 2:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= |3,19 - 3,005| = 0,185, & \varepsilon_2 &= |3,13 - 2,9639| = 0,2261, \\ \varepsilon_3 &= |3,13 - 2,9235| = 0,2665, & \varepsilon_4 &= |3,50 - 3,005| = 0,495, \\ \varepsilon_5 &= |3,50 - 2,9639| = 0,5361, & \varepsilon_6 &= |3,50 - 3,005| = 0,495, \\ \varepsilon_7 &= |3,50 - 2,9235| = 0,5765, & \varepsilon_{min} &= \varepsilon_1 = 0,185. \end{aligned}$$

4. Вибираємо емпіричну формулу серед функцій 1-7.

Оскільки для всіх зразків квасного суслу $\varepsilon_{min} = \varepsilon_1$, то емпірична формула буде однакою для всіх них і матиме наступний вигляд:

$$1) \quad y = ax + b \text{ (лінійна).}$$

Визначення параметрів емпіричної формули та отримання математичної моделі

Для визначення параметрів (коефіцієнтів) емпіричної формули зазвичай застосовують три методи: метод вибраних точок, метод середніх і метод найменших квадратів. Останній метод хоча і найбільш громіздкий, але він найточніший, тому його використовують під час оброблення дослідних даних високої точності, коли необхідно одержати дуже точні значення параметрів, отож застосуємо його.

Лінійна апроксимація за методом найменших квадратів

Знаходимо *найближчий (апроксимуючий) багаточлен першого степеня* $P_1(x) = a_0 + a_1x_i$ такий, щоб *квадратичне відхилення* $S = \sum_{i=1}^n [P_1(x_i) - f(x_i)]^2$ було мінімальним. Підставляємо замість $P_1(x_i)$ та $f(x_i)$ $a_0 + a_1x_i$ та y_i і отримуємо $S = \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1x_i - y_i)^2$.

Для визначення a_0 і a_1 розв'язуємо нормальну систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a_0} &= 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1x_i - y_i) * 1 = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} &= 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1x_i - y_i) * x_i = 0. \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} a_0n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n y_i, \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i. \end{aligned} \right\}$$

Систему розв'язуємо за схемою єдиного ділення (метод Гаусса або метод послідовного виключення невідомих). Знайдені значення коефіцієнтів a_0 і a_1 підставляємо у вираз $P_1(x) = a_0 + a_1x_i$ і отримуємо конкретний вигляд апроксимуючого багаточлена першого степеня $P_1(x)$, який і є математичною моделлю.

Визначаємо параметри емпіричної формули для зразку 1:

Для обчислення коефіцієнтів нормальної системи складаємо таблицю (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Обчислення коефіцієнтів нормальної системи

i	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$
1	0	3,50	0	0
2	1	3,50	1	3,5
3	2	3,50	4	7
4	3	3,46	9	10,38
5	4	3,41	16	13,64
6	5	3,37	25	16,85
7	6	3,31	36	19,86
8	7	3,22	49	22,54
9	8	3,11	64	24,88
10	9	3,04	81	27,36
11	10	2,95	100	29,50
12	11	2,86	121	31,46
13	12	2,73	144	32,76
14	13	2,64	169	34,32
15	14	2,52	196	35,28
Суми	105	47,12	1015	309,33

Тепер записуємо нормальну систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 15a_0 + 105a_1 &= 47,12, \\ 105a_0 + 1015a_1 &= 309,33. \end{aligned} \right\}$$

Розв'язавши систему за схемою єдиного ділення отримуємо значення коефіцієнтів a_0 і a_1 :

$$a_0 = 3,6540, \quad a_1 = -0,0732.$$

Отже, шуканий апроксимуючий багаточлен має вигляд:

$$CP = 3,6540 - 0,0732 \tau - \text{математична модель зразку 1.}$$

Порівняємо табличні значення y_i ($i = 1, 2, \dots, 11$) з відповідними значеннями \bar{y}_i , обчисленими за математичною моделлю, тобто оцінімо точність лінійної апроксимації за методом найменших квадратів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Оцінка точності лінійної апроксимації за методом найменших квадратів

i	x_i	y_i	\bar{y}_i	$\bar{y}_i - y_i$
1	0	3,50	3,65	0,15
2	1	3,50	3,58	0,08
3	2	3,50	3,51	0,01
4	3	3,46	3,43	-0,03
5	4	3,41	3,36	-0,05
6	5	3,37	3,29	-0,08
7	6	3,31	3,21	-0,1
8	7	3,22	3,14	-0,08
9	8	3,11	3,07	-0,04
10	9	3,04	2,99	-0,05
11	10	2,95	2,92	-0,03
12	11	2,86	2,85	-0,01
13	12	2,73	2,77	0,04
14	13	2,64	2,7	0,06
15	14	2,52	2,63	0,11

Отже, як видно з табл. 4.3 апроксимуючи дані математичною моделлю, отримуємо досить точну відповідність дослідним значенням СР (y_i).

Визначаємо параметри емпіричної формули для зразку 2:

Для обчислення коефіцієнтів нормальної системи складаємо таблицю (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Обчислення коефіцієнтів нормальної системи

i	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$
1	0	3,5	0	0
2	1	3,5	1	3,5
3	2	3,45	4	6,9
4	3	3,40	9	10,2
5	4	3,34	16	13,36
6	5	3,26	25	16,3
7	6	3,13	36	18,78
8	7	3,02	49	21,14
9	8	2,94	64	23,52
10	9	2,82	81	25,38
11	10	2,71	100	27,1
12	11	2,62	121	28,82
13	12	2,51	144	30,12
Суми	78	40,2	650	225,12

Тепер запишемо нормальну систему рівнянь:

$$13a_0 + 78a_1 = 40,2,$$

$$78a_0 + 650a_1 = 225,12.$$

Розв'язавши систему за схемою єдиного ділення отримуємо значення коефіцієнтів a_0 і a_1 :

$$a_0 = 3,6224,$$

$$a_1 = -0,088.$$

Отже, шуканий апроксимуючий багаточлен має вигляд:

CP = 3,6224 – 0,088 τ - математична модель зразку 2.

Порівняємо табличні значення y_i ($i = 1, 2, \dots, 13$) з відповідними значеннями \bar{y}_i , обчисленими за математичною моделлю, тобто оцінімо точність лінійної апроксимації за методом найменших квадратів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Оцінка точності лінійної апроксимації за методом найменших квадратів

i	x_i	y_i	\bar{y}_i	$\bar{y}_i - y_i$
1	2	3	4	5
1	0	3,5	3,62	0,12
2	1	3,5	3,53	0,03
3	2	3,45	3,44	-0,01
4	3	3,40	3,36	-0,004
5	4	3,34	3,27	-0,07
6	5	3,26	3,18	-0,08
7	6	3,13	3,09	-0,1
8	7	3,02	3,01	-0,01
9	8	2,94	2,92	-0,02
10	9	2,82	2,83	0,01
11	10	2,71	2,74	0,03
12	11	2,62	2,65	0,03
13	12	2,51	2,56	0,05

Отже, як видно з табл. 4.5 апроксимуючи дані математичною моделлю, отримуємо досить точну відповідність дослідним значенням CP (y_i).

Визначення середньої відносної похибки математичної моделі

Визначаємо середню відносну похибку математичної моделі між значеннями вихідної функції, знайденої за рівнянням (математичною моделлю), та експериментальними значеннями:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\bar{y}_i - y_i|}{y_i}}{n} * 100\%$$

Визначаємо середню відносну похибку математичної моделі для зразку 1:

$$\Delta = \frac{0,1952}{15} * 100 = 1,30 \%$$

Визначаємо середню відносну похибку математичної моделі для зразку 2:

$$\Delta = \frac{0,1403}{13} * 100 = 1,08 \%$$

Отримано математичні моделі, які мають допустимі середні відносні похибки і показують залежність зменшення вмісту сухих речовин (CP) суслу від тривалості процесу ферментація.

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Сучасні прогнози Всесвітньої організації охорони здоров'я свідчать про тенденцію до підвищення середньої тривалості життя, проте паралельно наголошується на погіршенні загального стану здоров'я населення через стресові соціально-економічні умови, незбалансоване харчування та низьку фізичну активність. На цьому тлі стрімко зростає попит на продукти, що мають чітко виражену біологічну цінність та здатні позитивно впливати на функціональний стан організму. Особливої уваги набувають безалкогольні ферментовані напої, які містять природні біологічно активні сполуки з рослинної сировини та продукти метаболізму симбіотичних культур.

У світовому та європейському продовольчому секторі спостерігається стійка тенденція до розширення асортименту функціональних напоїв на основі інноваційної та нетрадиційної рослинної сировини. Однією з перспективних інгредієнтних баз є чай анчан (*Clitoria ternatea*), відомий високим вмістом антоціанів та антиоксидантним потенціалом. Поєднання анчану з традиційними видами чаю у технології виготовлення комбучі дає змогу одночасно зберегти характерні органолептичні властивості напою та посилити інтенсивність перебігу ферментації, що є важливим з огляду на біотехнологічну ефективність процесу.

Для України, як і для країн ЄС, актуальним є створення продуктів з підвищеною біологічною цінністю, здатних компенсувати дефіцит вітамінів, мінералів, поліфенолів та харчових волокон у харчуванні населення. Використання анчану у виробництві комбучі розширює спектр оздоровчих властивостей ферментованого напою та підсилює його привабливість для споживача. Комплексне застосування рослинної сировини із чітким визначенням функціональних компонентів дозволяє раціонально формувати рецептуру і позиціонувати продукцію як функціональну.

Сучасні глобальні тенденції розвитку харчової промисловості визначають підвищений інтерес до продуктів, які не лише виконують функцію харчування, а й сприяють зміцненню здоров'я. Всесвітня організація охорони здоров'я прогнозує збільшення тривалості життя, проте підкреслює, що соціально-економічні умови нинішнього часу — урбанізація, погіршення екологічної ситуації, високий рівень стресу та незбалансоване харчування — сприяють загальному зниженню показників здоров'я населення. У таких умовах особливого значення набувають продукти харчування з підвищеною біологічною цінністю та доведеною користю для організму, серед яких важливе місце займають безалкогольні ферментовані напої.

Комбуча є одним із найперспективніших продуктів цього сегмента завдяки поєднанню корисних властивостей рослинної сировини та метаболітів симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*. Водночас світова інноваційна харчова індустрія вимагає розширення спектра нетрадиційних інгредієнтів, які можуть підсилювати біологічну цінність та покращувати органолептичні характеристики напою. Одним із таких інгредієнтів є чай анчан (*Clitoria ternatea*), що містить значну кількість антоціанів, поліфенолів, мінеральних речовин та

природних антиоксидантів і проявляє властивості, корисні для метаболічного та когнітивного здоров'я.

Використання анчану у виробництві комбучі є не лише технологічно доцільним, а й соціально значущим. Поєднання анчану з традиційними видами чаю сприяє інтенсифікації процесів ферментації, що підтверджується експериментальними даними, і при цьому дозволяє зберегти характерний колір та антиоксидантні властивості вихідної сировини. Це формує нову категорію продукту — ферментований напій із високим рівнем біологічно активних компонентів, здатний задовольнити потреби споживачів у функціональних харчових продуктах.

У країнах Європейського Союзу, США, Канаді та Японії питання здорового харчування є складовою державної політики, що дозволило суттєво знизити рівень захворюваності, зокрема серцево-судинних патологій. Для України, в якій спостерігається надлишкове споживання вуглеводів та нестача мікронутрієнтів, поява ферментованих оздоровчих напоїв на основі анчану є перспективним рішенням, що відповідає сучасним запитам суспільства. Такі продукти здатні компенсувати дефіцит антиоксидантів, поліфенолів та біологічно активних речовин, які дефіцитні у звичайному раціоні населення.

Економічна ефективність використання чаю анчан у виробництві комбучі пов'язана з підвищенням ринкової конкурентоспроможності продукту. Функціональні безалкогольні напої належать до преміального сегмента, тому їхня собівартість та роздрібна ціна є вищими порівняно з традиційними напоями. Розширення асортименту через використання інноваційної сировини дозволяє збільшити обсяги виробництва і підвищити оборотність технологічного обладнання, що є суттєвим чинником рентабельності для крафтових підприємств. Крім того, продукти оздоровчого призначення формують стійкий платоспроможний попит, що мінімізує ризики нерентабельності та підвищує інвестиційну привабливість виробництва.

Застосування чаю анчан в рецептурі комбучі створює додану вартість за рахунок унікальних органолептичних властивостей — характерного синього або фіолетового забарвлення та легкого флористичного смаку, що відрізняє продукт від класичних ферментованих напоїв на основі чорного чи зеленого чаю. Це відкриває можливості для маркетингового позиціонування напою як преміального, інноваційного та оздоровчого продукту.

Створений напій, що поєднує компоненти чаю анчан й результати ферментативної діяльності симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*, можна розглядати як перспективний оздоровчий продукт. Він сприяє підвищенню адаптаційних можливостей організму, зміцненню імунітету та поповненню дефіциту біоактивних речовин у раціоні, що підкреслює його соціальну значущість та економічну ефективність у впровадженні на ринок.

Соціальна ефективність упровадження розробленої технології проявляється у підвищенні доступності продуктів, що позитивно впливають на стан здоров'я населення. Комбуча з анчаном є джерелом поліфенолів, органічних кислот, мікроелементів та ферментаційних метаболітів, що сприяють нормалізації мікробіоти кишечника, підвищенню адаптаційних можливостей організму та

зміцненню імунітету. У результаті напій може бути віднесений до категорії оздоровчих, що відповідає світовим тенденціям і сприяє формуванню культури відповідального споживання харчових продуктів.

Отже, використання чаю анчан як нетрадиційної сировини у виробництві комбучі є науково, технологічно та економічно обґрунтованим. Воно забезпечує підвищення біологічної цінності напою, розширює його функціональні властивості, підвищує ринкову вартість продукції та водночас сприяє зміцненню здоров'я населення. У сукупності ці фактори формують значну соціально-економічну ефективність запропонованої технології та підтверджують доцільність її подальшого впровадження у виробництво.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на підприємствах харчової промисловості, зокрема у виробництві ферментованих безалкогольних напоїв, є важливою складовою забезпечення безпечних умов роботи, збереження здоров'я працівників та підтримання стабільності технологічного процесу. Виробництво комбучі на основі чаю анчан охоплює низку послідовних операцій, серед яких приготування та нагрівання суслу, охолодження, внесення симбіотичної культури SCOBY, ферментація, фільтрація, купажування та розлив. Кожен із цих етапів пов'язаний із впливом різноманітних виробничих факторів, що можуть створювати небезпеку для персоналу, а тому потребують системного контролю відповідно до вимог чинного законодавства України, санітарних норм та принципів управління безпекою харчових продуктів НАССР.

Виробничий процес у харчовій галузі регламентується низкою нормативних актів, головними серед яких є:

- Закон України "Про охорону праці" (2022 р.) — визначає основні принципи створення безпечних умов праці.
- Кодекс законів про працю України (КЗпП) — регулює тривалість робочого часу, обов'язки роботодавця і працівника.
- Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" — встановлює санітарно-гігієнічні вимоги до харчових підприємств.
- ДСанПіН 145-2010 — санітарні норми для підприємств харчової промисловості.
- ДСТУ 4161-2003 (Санітарні вимоги до виробництва безалкогольних напоїв).
- ДБН В.2.5-67:2013 — вимоги до вентиляції та мікроклімату.
- Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014).
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- Наказ МОЗ № 280 "Про затвердження медоглядів" — регулює медичний контроль працівників харчових підприємств.

Ці документи є основою для формування системи безпеки на виробництві комбучі.

У процесі отримання комбучі працівники можуть зазнавати впливу теплових факторів, пов'язаних із використанням нагрівального обладнання, кип'ятінням води, пастеризаційними операціями та стерилізацією інвентарю гарячою водою або парою. Недостатня теплоізоляція поверхонь, несправності температурних датчиків чи порушення правил експлуатації нагрівального обладнання можуть спричинити опіки або перегрівання технологічного середовища. Для уникнення таких ризиків необхідним є застосування засобів термозахисту, забезпечення справності автоматичних систем регулювання температури та дотримання персоналом вимог безпеки під час роботи з гарячими рідинами.

Поряд із тепловими чинниками на виробництві присутні і хімічні ризики, пов'язані головним чином із використанням мийних та дезінфекційних засобів, а також контактами з органічними кислотами, які природно утворюються в процесі

ферментації комбучі. Пари кислот, хімічні аерозолі, лужні мийні розчини та дезінфектанти можуть спричиняти подразнення слизових оболонок, алергічні реакції або хімічні опіки, що потребує ефективної вентиляції приміщень, використання індивідуальних засобів захисту та суворого дотримання процедур санітарної обробки обладнання.

Особливістю виробництва ферментованих напоїв є наявність біологічних ризиків. Під час внесення SCOBY та на всіх етапах ферментації виникає небезпека неконтрольованого потрапляння сторонніх мікроорганізмів, які можуть негативно вплинути як на якість продукту, так і на безпеку персоналу. Висока концентрація дріжджових культур сприяє інтенсивному утворенню вуглекислого газу, а за певних умов також можливе зростання внутрішнього тиску в ємностях та пляшках, що становить загрозу їх розриву. Для запобігання цьому необхідно забезпечувати відповідні умови ферментації, контролювати рівень цукру та температуру, використовувати тару, здатну витримувати високий тиск, а також належним чином організовувати зберігання готової продукції.

Не менш важливим аспектом є механічні ризики, які виникають під час експлуатації насосів, змішувачів, ліній розливу та під час роботи зі скляною або полімерною тарою. Нещасні випадки можуть бути спричинені порушенням правил користування обладнанням, недостатнім технічним обслуговуванням або відсутністю захисних елементів. Уникнути цих ризиків допомагає регулярна технічна діагностика обладнання, наявність інструкцій з експлуатації, попереджувальних знаків та захисних кожухів.

Суттєву небезпеку для працівників може становити і електрообладнання, що використовується у вологих приміщеннях. Висока вологість виробничої зони, наявність конденсату, контакт електричних елементів із рідинами значно підвищують ризик ураження струмом або виникнення короткого замикання. Задля цього необхідним є використання систем автоматичного вимкнення, надійного заземлення, герметичних електрошкафів та діелектричних засобів захисту, а також проведення регулярних перевірок стану електромережі.

Психофізіологічні фактори також відіграють важливу роль у формуванні безпечних умов праці. Монотонність окремих технологічних операцій, тривале перебування у вимушених позах, підвищене навантаження під час пікових періодів розливу та підвищена відповідальність за якість продукції можуть викликати втому, зниження уваги та професійне вигорання. Це підвищує ймовірність помилок і створює додаткові ризики для безпеки. Тому роботодавець повинен забезпечити раціональний режим праці та відпочинку, комфортний мікроклімат приміщень та підтримку психологічного стану працівників.

Пожежна безпека на виробництві комбучі також є одним із ключових напрямів охорони праці. Незважаючи на те, що виробництво ферментованих напоїв належить до класу з відносно низькою пожежною небезпекою, ризики виникають через експлуатацію нагрівального обладнання, використання електричних приладів у вологому середовищі, можливість накопичення легкозаймистих газів під час ферментації та застосування спиртовмісних дезінфекційних засобів. Пожежна безпека забезпечується шляхом встановлення систем пожежної сигналізації, правильного розміщення вогнегасників,

регулярного інструктажу персоналу та дотримання правил експлуатації електрообладнання.

У місцях, де проводять підігрівання та кип'ятіння, підвищується ризик займання. Підприємство повинно мати:

- вогнегасники типу В та С (пінні або порошкові);
- пожежну сигналізацію;
- плани евакуації, розміщені на видимих місцях;
- систему автоматичного відключення обладнання при перегріві;
- вільні шляхи евакуації шириною не менше 1,2 м.

Персонал регулярно проходить навчання з пожежної безпеки.

Усі електроустановки повинні відповідати вимогам ПУЕ та мати:

- заземлення;
- пристрої захисного вимкнення (ПЗВ);
- діелектричні килимки біля розподільних щитів;
- попереджувальні знаки.

Працівники допускаються до роботи лише після перевірки знань з електробезпеки не рідше одного разу на рік. Санітарно-гігієнічні вимоги на виробництві комбучі передбачають здійснення регулярної дезінфекції приміщень, очищення обладнання, контроль якості води та суворе дотримання правил особистої гігієни персоналом. Виробничі приміщення повинні мати відповідну вентиляцію, стабільний температурний режим та оснащення для підтримання чистоти. Особливо важливо забезпечити належні умови стерильності під час внесення культури SCOBУ, оскільки саме цей етап є критичним для запобігання мікробіологічної контамінації.

Температурно-вологісний режим повинен відповідати ДБН, зокрема температура в зоні ферментації — 22–26 °С, а рівень вологості не повинен перевищувати 75 %, що запобігає утворенню цвілевих забруднювачів.

В приміщеннях, де відбувається нагрівання настою анчану або кип'ятіння води, необхідно забезпечити ефективну систему витяжної вентиляції, що видаляє надлишкову вологу та пару. У зоні ферментації застосовують приточно-витяжну вентиляцію з контролем температури повітря.

Освітлення має відповідати нормам:

- 300–500 лк для виробничих зон,
- 200–300 лк для складських приміщень.

Використання світлодіодних ламп дозволяє зменшити нагрів повітря та покращити енергоефективність.

Обладнання, що використовується у виробництві комбучі (нагрівачі, фільтри, насоси, ЦКБА, ферментаційні ємності), має бути справним, сертифікованим та оснащеним захисними системами.

Працівник зобов'язаний:

- проходити інструктаж із техніки безпеки перед початком роботи;
- перевіряти справність електроприладів перед увімкненням;
- не контактувати з водою поблизу електрообладнання;
- працювати у термостійких рукавицях під час переливання гарячого настою.

Підлога повинна бути покрита протиковзким покриттям, що мінімізує ризик падіння при роботі зі скляною тарою.

Організація охорони праці включає також впровадження системи НАССР, яка дозволяє ідентифікувати критичні контрольні точки, пов'язані з приготуванням суслу, охолодженням, ферментацією, розливом і зберіганням напою. Аналіз небезпечних чинників дає змогу мінімізувати ризики та забезпечити стабільність технологічного процесу, що є необхідною умовою виробництва високоякісної комбучі на основі чаю анчан.

У процесі виробництва комбучі на основі чаю анчан особливої уваги потребує питання зменшення техногенного навантаження на довкілля та впровадження екологічно безпечних технологічних рішень. Створення ферментованих напоїв передбачає використання води, теплової енергії, органічної сировини, допоміжних матеріалів і пакувальних компонентів, що формує комплексний вплив на екосистеми. Тому під час організації виробництва важливо будувати технологічний процес таким чином, щоб мінімізувати утворення відходів, скоротити споживання енергоресурсів та забезпечити максимально можливу вторинну переробку матеріалів.

Екологічно орієнтоване виробництво комбучі починається з раціонального використання води, оскільки вона є основною сировиною у приготуванні суслу та санітарно-гігієнічних операціях. Доцільним є впровадження систем пом'якшення води та повторного її використання для технічних потреб, що зменшує загальний обсяг водозабору. Оскільки у процесі варіння чаю анчан утворюється значна кількість органічних залишків, вони можуть бути направлені на компостування або використання як сировина для отримання біогумусу. Це одночасно зменшує кількість відходів та повертає біологічно активні речовини у природний кругообіг.

Енергетична ефективність також відіграє важливу роль. Процес ферментації не потребує високих температур, однак етапи пастеризації та нагрівання води вимагають значних енерговитрат. Застосування енергоощадного обладнання, таких як індукційні нагрівачі чи теплообмінники, дає змогу скоротити споживання електроенергії. У виробничих приміщеннях бажано використовувати LED-освітлення, системи автоматичного вимкнення та вентиляцію з рекуперацією тепла, що додатково знижує вплив на кліматичні ресурси.

Особливу увагу потрібно приділяти питанням екологічної безпеки у роботі з мікробними культурами *Medusomyces gisevii*. Цей симбіоз дріжджів і оцтовокислих бактерій не є патогенним, однак потребує дотримання санітарних вимог, щоб уникнути неконтрольованого потрапляння у навколишнє середовище. Усі відпрацьовані культури повинні бути знезаражені шляхом термічної обробки або обробки оцтовою кислотою з подальшою утилізацією як органічних відходів.

Пакування готового напою становить одну з найбільших екологічних проблем, оскільки світова індустрія напоїв формує значну частку пластикових відходів. У виробництві комбучі доцільно застосовувати скляну тару багаторазового використання або біорозкладні полімери. Використання ПЕТ-пляшок допустиме лише у поєднанні з програмою повернення тари або сортування відходів, що дозволяє забезпечити їх повну переробку.

Важливо, щоб виробництво комбучі було інтегроване в систему екологічного менеджменту підприємства. Запровадження стандартів ISO 14001 забезпечує системний контроль за всіма аспектами впливу на довкілля: від постачання сировини до утилізації відходів. Крім того, підприємство може застосовувати ESG-підходи, які передбачають екологічну відповідальність, раціональне використання ресурсів і мінімізацію викидів CO₂. Екологічно безпечне виробництво сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукту, оскільки сучасні споживачі все частіше обирають напої із чистою історією походження та мінімальним екологічним слідом.

Таким чином, охорона навколишнього середовища у виробництві комбучі на основі чаю анчан є комплексним процесом, що охоплює раціональне використання ресурсів, екологічно відповідальне управління відходами, застосування безпечного обладнання та впровадження міжнародних стандартів сталого виробництва. Екологічна складова стає невід'ємною частиною успішної діяльності підприємства, підвищує довіру споживачів та сприяє формуванню позитивного іміджу продукту на ринку функціональних напоїв.

Узагальнюючи, охорона праці на виробництві комбучі є комплексним підходом, спрямованим на мінімізацію виробничих ризиків, попередження аварійних ситуацій, захист здоров'я працівників та забезпечення безпечного виробничого середовища. Системне дотримання норм законодавства, правильна організація виробничого простору, впровадження сучасних санітарно-технічних рішень та належний контроль за технологічним процесом гарантують ефективне й безпечне функціонування виробництва напоїв на основі чаю анчан.

7 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільна оборона України є системою органів управління, сил і засобів, що створюються для організації та забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Серед багатьох функцій цивільної оборони на підприємстві важливе місце посідає захист виробничого персоналу та населення від наслідків надзвичайних ситуацій.

Надзвичайна ситуація – це є порушення нормальних умов життя й діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели до людських та матеріальних утрат.

Щороку в Україні від надзвичайних ситуацій (в тому числі аварії на виробництві) гине більше 70 тис. осіб.

Щороку, в тому числі за останні роки в Україні виникає до 500 надзвичайних ситуацій техногенного походження.

Тому з метою захисту здоров'я і життя виробничого персоналу, а також для запобігання значних матеріальних втрат при аварії, даною кваліфікаційною роботою пропонується основну увагу приділити розробці плану по локалізації надзвичайних ситуацій і аварій, а саме оперативній її частині.

У Законі України «Про правові засади цивільного захисту» визначено: цивільний захист (ЦЗ) є системою організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються органами центральної та місцевої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю і здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час та особливий період.

З метою ефективною реалізації завдань цивільного захисту, зменшення матеріальних витрат та недопущення шкоди об'єктам, матеріальним і культурним цінностям та довкіллю в разі виникнення надзвичайних ситуацій центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підпорядковані їм сили і засоби, підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, добровільні рятувальні формування здійснюють наступні заходи у сфері цивільного захисту.

Для захисту від зараження РР, НХР, БЧ на підприємствах пивобезалкогольної промисловості завчасно проводиться ремонт виробничих і складських приміщень, визначаються і, відповідним чином, обладнуються водні джерела, призначені для використання у надзвичайній ситуації.

Підприємства з виробництва безалкогольних напоїв за специфікою своєї діяльності є об'єктами підвищеної небезпеки, тому не виключається імовірність виникнення на них різноманітних аварійних ситуацій.

У випадку виникнення аварійних ситуацій, які пов'язані з викидом (виливом) небезпечних речовин існує загроза того, що виробничий персонал підприємства опиниться у зонах надзвичайної ситуації.

Від своєчасного оповіщення виробничого персоналу про загрозу або фактичне виникнення надзвичайної ситуації залежить ефективність здійснення заходів захисту і мінімізації негативних наслідків.

Для ефективного виконання вищезазначених заходів на підприємстві завчасно повинна бути розроблена інструкція чергового диспетчера на випадок аварії із викидом СДОР.

На підприємствах, де неможливо здійснити герметизацію складських та інших приміщень, потрібно передбачити накривання харчової сировини захисними матеріалами: брезентом, прогумованою тканиною, поліетиленовими плівками високої цупкості товщиною не менше 0,15 мм або іншими підручними засобами.

Негерметизоване виробниче обладнання слід по можливості замінити закритим, наприклад відкриті бродильні чани – закритими бродильними апаратами, холодильні тарілки — відстійними баками, відкриті холодильники - закритими тощо. У приміщеннях бродильного відділу, цехів доброджування і дріжджового відділу, для забезпечення надійного захисту приміщень ремонтують термоізоляційні двері. Для зберігання на спеціальних складах такої сировини, подібної до хмелю, доцільне її брикетування у поліетиленову плівку, яка забезпечує захист від проникання РР, ОР і БЧ, а також зберігання хмелевого екстракту у бідонах типу молочних [29].

Захист допоміжних матеріалів здійснюється зберіганням їх у сухих чистих приміщеннях, які щільно зачиняються. Такими допоміжними матеріалами є: фільтрувальні матеріали – кізельгур, перліт, фільтр маса, картон фільтруючий, марля, бязь, фланель; матеріали для приготування клею (декстрин), кронен-корки, етикетки; рукави напірні, всмоктувальні та гумо тканинні.

Для захисту від РР, ОР і БЧ фільтрувальні матеріали потрібно зберігати у складських приміщеннях. Кізельгур отримують і зберігають в тканинних мішках, оброблених нітролаком або у багатошарових паперових мішках, перліт — у поліетиленових мішках.

Надійний захист від РР і БЧ забезпечує пакування фільтрувальної маси у вигляді опресованих квадратних пластин по 50 шт. в тюки, загорнуті в кілька шарів паперу і обшиті мішковиною.

Зберігання у негерметичних приміщеннях складів таких фільтрувальних матеріалів, як марля, бязь, фланель в обшитих тканиною тюках, забезпечує захист від РР. Для захисту від ОР і БЧ необхідно передбачити додаткове їх укриття полімерною плівкою, брезентом або крафт-папером.

Кронен-корки застосовують для закупорювання пляшок з безалкогольними напоями. Зберігають її в чистих, сухих складських приміщеннях у закритих фанерних ящиках або у багатошарових крафт-мішках. Фанерні ящики не забезпечують повного захисту, тому до них необхідно заготовляти тенти брезентові або з полімерної плівки. Надійним захистом від РР і БЧ є багатошарові крафт-мішки. Вони значно знижують проникнення парів.

Етикетки необхідно зберігати в закритих приміщеннях за певних умов повітряного середовища ($T = 16...18\text{ }^{\circ}\text{C}$) та вологості повітря 60...65 %. Зберігати етикетки необхідно на полицях-стелажах. Кожна партія етикеток повинна бути з биркою, на якій вказують найменування, якість, дату надходження партії на склад. Складати їх потрібно у стопки заввишки не більше 0,5 м і запаковувати в кілька листів крафт-паперу [29].

Для захисту місцевих джерел водопостачання від зараження РР і ОР, БЧ необхідно провести ряд заходів, а саме: відновити всі недіючі водозбірні споруди, які можуть служити резервними джерелами подачі води; артезіанські свердловини обладнати насосами. Якщо для відкачування води використовують ерліфти, їх слід оснастити допоміжними пристроями (фільтрами) для ретельної очистки повітря, щоб не допустити проникнення БЧ, РР, ОР в артезіанські отвори.

Для забезпечення захисту місткостей із запасом води потрібно:

- всі водонапірні баки, резервуари з питною водою і водозбірники з мінеральною водою щільно закрити, оснастити закриваючими кришками, а також повітряно-водними трубками (дихальними клапанами) з фільтрами;
- на вентиляційних витоках і на кінцях переливних труб обладнати захисні ковпаки і решітки для захисту резервуарів з водою від проникнення у них гризунів і комах;
- заготовити запас реагентів для знезараження води (вапно хлорне, коагулянти);
- заготовити захисні матеріали (брзент або полімерну плівку);
- обладнати каптаж мінерального джерела загороджувальною спорудою (типу будки), що гарантує не проникнення ОР і БЧ;
- здійснювати систематичне очищення водяного баку жорсткими щітками і речовиною для дезінфекції (вапняним молоком) з наступним ретельним промиванням їх водою;

На виробництві ферментованих напоїв накриванню захисними тентами підлягає таке технологічне обладнання:

відділення ферментації: дріжджові ємності, циліндрично-конічні бродильні танки;

фільтрувальне відділення: сепаратори, фільтри;

цех розливу: розливні, укупорювальні, бракеражні, етикетувальні автомати, ізобарометричний апарат для розливу напоїв, діжко-мийна машина;

ділянка приймання посуду і тари: пляшки, діжки, кеги, ящики по можливості зберігають у закритому приміщенні або накривають брзентом. Діжки закривають шпунтом і зберігають шпунтом вниз. Влітку цистерни заливають водою, а взимку - накривають брзентом (кран і кришку) [29].

Установлюють суворий контрольно-пропускний режим. Посилують охорону складів і водо-джерел. Здійснюють поповнення запасів мийних і знезаражувальних речовин, а також приводять у готовність дегазаційні майданчики, камери, обмивальні пункти, санпропускник. Виробничі лабораторії приводять у повну готовність до роботи в умовах надзвичайної ситуації.

Для заводів, які мають залізничні шляхи, пристанційні бази, ячмінь і солод рекомендується транспортувати безтарним способом.

Підвищують надійність захисту транспортних засобів методом ущільнення прогумованими прокладками вагонів, ізотермічних автомашин, автопивовозів.

Повітрязбірні жалюзні отвори солодосушарок захищають шторами із прогумованого брезенту або щільними віконницями.

Отвори повітрозмішувальних камер сушарок перекривають герметичними клапанами. Всі повітровивідні шахти закривають клапанами або брезентовими чохлами.

Всі віконні прорізи коридорів і лицеві двері солодосушарок закривають склоблоками і віконницями [29].

За сигналами ЦЗ припиняється робота на всіх виробничих ділянках і особовий склад заводу, вільний від виконання спеціальних робіт, укривається у сховищах.

Робітники та службовці, призначені на спеціальні роботи, діють за передчасно розробленими інструкціями. Для захисту сировини від зараження приводять в дію всі пристрої в складських та інших виробничих приміщеннях, які забезпечують надійний захист, закривають захисними матеріалами відкриті ділянки.

Відкачування води із артезіанських свердловин, особливо з ерліфтовим обладнанням, припиняється. Водонапірні башти і заводські резервуари, заповнені водою, закривають щільними кришками або накривним матеріалом, і доступ до цих запасів води суворо обмежується. Після виконання передбачених конкретними інструкціями робіт призначені для їх проведення особи укриваються у сховищах і перебувають там до сигналу "Відбій небезпеки" або одержання спеціального дозволу на вихід із сховища [29].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами аналітичного огляду визначено, що ферментовані напої є перспективною групою функціональних напоїв, зокрема комбучі, яка містить широкий спектр біологічно активних речовин. Чайна сировина, як основна сировина є джерелом біологічно-активних речовин. Для розширення асортименту і підвищення біологічної цінності актуальним є пошук нетрадиційної сировини та дослідження технологічних параметрів з її використанням.

2. Визначено перспективність використання чаю анчан у технології комбучі. Встановлено, що оптимальною кількістю чаю анчан для отримання настою є 3...6 г/дм³. Оптимальною температурою екстрагування є 60...80 °С. За цих температур зменшення вмісту антоціанів становить 37...82 %.

3. Встановлено, що параметри приготування сусла з чаю анчан суттєво впливають на якість ферментованого напою та активність культури *Medusomyces gisevii*. За оптимальної ферментації забезпечується отримання високоякісної комбучі та характерний колір чаю анчан і ймовірно збереження його функціонального потенціалу.

4. Сусло на основі чорного чаю є більш ефективним субстратом для ферментації, зокрема кислотоутворення, порівняно з сусликом з використанням виключно із чаєм анчан, що зумовлено більш придатним хімічним складом чорного чаю і сприяє активній життєдіяльності дріжджів та бактерій, зумовлює більшу швидкість метаболічних перетворень, зокрема інтенсивному росту кислотності протягом ферментації.

5. Для збереження кольору чаю анчан і водночас забезпечення прийнятної ферментації рекомендовано співвідношення чай анчан:чорний чай від 80:20 до 60:40 при контролі рН. Настой треба готувати окремо і змішувати безпосередньо на стадії приготування сусла.

6. Встановлено високі органолептичні показники комбучі із використанням чаю анчан.

7. Розроблено технологічну схему виробництва комбучі із використанням чаю анчан.

8. Рекомендовано заходи з охорони праці і цивільного захисту.

9. Визначено соціально-економічну ефективність роботи, яка полягає у розширенні асортименту функціональних ферментованих напоїв із підвищеним вмістом біологічно активних речовин та оригінальними органолептичними властивостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Івахненко О. Л, Стрілець О. П., Стрельников Л. С. Ферментовані напої. Актуальність та перспективи створення. Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна. С.353. URL: <http://91.234.42.22/bitstream/123456789/12011/1/353%281%29.pdf> (дата звернення 12.11.23 р.)
2. Що таке ферментовані продукти і чому їх варто всім, хто мріє про струнку фігуру. URL: <https://social.org.ua/17449-shcho-take-fermentovani-produkti-i-chomu-yikh-varto-vsime-khto-mriie-pro-strunku-figuru.html> (дата звернення 15.09.2023).
3. Вітряк, О. П. Удосконалення технології безалкогольних напоїв. ферментація з використанням нетрадиційних культур мікроорганізмів: автореф. дис. кандидата техн. наук / О. П. Вітряк. – Київ. – 2002. – 22 с.
4. Перспективи та проблеми виробництва ферментованих напоїв в Україні. URL: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14298/1/_doc%20%281%29.pdf (дата звернення 16.09.2023).
5. Using kombucha, chia seeds, and pumpkin to make smoothies for restaurant establishments / O. Dulka, V. Prybylskyi, O. Tyshchenko, V. Kovbych // Journal of Chemistry and Technologies. – 2025. – № 33 (1). – С. 168–177.
6. Прибильський В.Л., Вітряк О.П. Дослідження динаміки процесу зброджування суслу культурою *Medusomyces gisevii* // Харчова промисловість / Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – К.: УДУХТ. – 2000. – Вип. 45. – С. 79-83.
7. Maggia, F.; Baffoni, L.; Galiano, M.; Nielsen, D.S.; Jakobsen, R.R.; Castro-Mejia, J.L.; Bosi, S.; Truzzi, F.; Musumeci, F.; Dinelli, G.; et al. Kombucha beverage from green, black and rooibos teas: A comparative study looking at microbiology, chemistry and antioxidant activity. *Nutrients* 2019, 11, 1.
8. O. Dulka, V.Prybylskyi, O. Fedosov, S. Olijnyk, A. Kuts, L. Sharan, I. Koretska, I. Tiurikova. Innovative technology of water preparation for the production of fermed beverage kombucha. *Journal of Chemistry and Technologies* Vol. 31 No. 1 (2023). С. 82-91.
9. Дулька, О. (2025). Перспективи крафтового виробництва інноваційного ферментованого напою комбучі для закладів індустрії гостинності. Ресторанний і готельний консалтинг. *Інновації*, 7(2), 232–244.
10. Ivanisova, E.; Menhartova, K.; Terentjeva, M.; Harangozo, L.; Kantor, A.; Kacaniova, M. The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of kombucha tea beverage. *J. Food Sci. Technol.* 2020, 57, 1840–1846.
11. О.С. Дулька, В.Л. Прибильський, О.Б. Шидловська Розробка інноваційної технології ферментованого напою комбуча для крафтових підприємств закладів ресторанного господарства. Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та

промислової біотехнології в контексті євроінтеграції», 8 листопада 2022 р., м. Київ. – К.: НУХТ, 2022 р. – С. 124-126.

12. Jakubczyk, K.; Kaldunska, J.; Kochman, J.; Janda, K. Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. *Antioxidants* 2020, 9, 447.

13. Kovalenko, H. A., Bezusov, A. T., Vietrov, D. I., Postol N. A. (2011). Rozrobka tekhnolohii vodopidhotovky dlia vyrobnytstva chainykh napoiv. *Naukovi pratsi ONAKHT*, vol. 40, p. 2, 66–71.

14. Marsh, A.J.; O’Sullivan, O.; Hill, C.; Ross, R.P.; Cotter, P.D. Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple Kombucha (tea fungus) samples. *Food Microbiol.* 2014, 8, 171–178.

15. Technological aspects of kombucha, its applications and the symbiotic culture (SCOBY), and extraction of compounds of interest: A literature review. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 110, 539–550.

16. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій: монографія / В.А. Домарецький та ін. // під ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Домарецького. – Київ: Фенікс, 2011. 704 с.

17. Ферментовані напої: між традиціями та інноваціями. *Fresh MAG*. URL: <https://blog.liebherr.com/holodilna-tehnika/ua/2021/08/06/fermentovani-napoi/> (дата звернення 15.09.2022).

18. Інноваційні технології продуктів ферментація і виноробства: підруч. / С.В. Іванов та ін. // за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. — Київ: НУХТ, 2012. 487 с.

19. Малкін, Р. Комбуча – інноваційний крафтовий напій для закладів індустрії гостинності / Р.С. Малкін, О.С. Дулька, В.Л. Прибильський // Світові досягнення і сучасні тенденції розвитку туризму та готельноресторанного господарства: матеріали IV Міжнародної науковопрактичної конференції, м. Запоріжжя, 11-12 листопада 2025р. : колектив авторів ; за заг. ред. проф. В.М. Зайцевої ; Національний університет «Запорізька політехніка». Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – С. 483–486.

20. Дулька, О. Використання комбучі та культури SCOBY в технології функціональних продуктів / О. Дулька, В. Прибильський // Промисловість та крафт для HoReCa в туризмі: досвід, проблеми, інновації : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 23–24 травня 2024 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2024 р. – С. 69–71.

21. Ветров, Д.І. Удосконалення технології водопідготовки для приготування напоїв з чайної сировини.: дис. кандидата техн. наук / Ветров Д.І. – Одеса. – 2013. – 172 с.

22. Використання нетрадиційних сортів чаю у технології комбучі / Р. Малкін, Д. Єременко О. Дулька, В. Прибильський / Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 7–11 квітня 2025 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2025. – Ч. 1. – С. 162.

23. Zaveri N.T. Green tea and its polyphenolic catechins: medicinal uses in cancer and noncancer applications // *Life Sci.*, 2006. 78. P. 2073-2080.

24. NISHIMURA M., ISHIYANA K., WATANABE A., KAWANO S., MIYASE T., SANO M. Determination of theaflavins including methylated theaflavins in black tea leaves by solid-phase extraction and HPLC analysis // J.Agric. Food Chem., 2007, 55. 7252-7257.
25. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. Чинний від 28.12.2019.
26. Дулька, О. С. Удосконалення технології хлібного квасу з використанням підготовленої води та нового штаму дріжджів: автореф. дис. кандидата техн. наук / О. С. Дулька. – Київ. – 2019. – 24 с.
27. Цукор білий. Технічні умови. Із Поправками та Зміною № 1: ДСТУ 4623:2006. Чинний від 01.01.2008.
28. Мелетьєв, А.Є. Технологія продуктів ферментація і напоїв: українсько-російський тлумачний словник. — Київ: НУХТ. 2011. 192 с.
29. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології продуктів ферментація і виноробства» денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс]: / уклад. А.М. Куц, В.Л. Прибильський, М.В. Білько. Київ: НУХТ, 2022. 66 с.
30. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ: НУХТ, 2014. 67 с.
31. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні: Зареєстровано в міністерстві в міністерстві юстиції України: 04.11.04 за №1410/10009.
32. НПАОП 0.00-1.27-09. Правила з безпечної експлуатації системвентиляції у хімічних виробництвах: Зареєстровано в міністерстві юстиції України 27.10.09 за №988/17004
33. Основи охорони праці: підруч. / М.П. Купчик та ін. // під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. Київ: Основа, 2000. 416 с.
34. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях: Закон України від 25 вер. 2012р. №1648. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#n17> (дата звернення 25.01.2021)
35. Цивільна оборона [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту з цивільної оборони для студентів всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Хіврич, В. А. Заєць. Київ: НУХТ, 2009. 17 с. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/219--08A.pdf> (дата звернення 07.02.2021).

ДОДАТКИ

Додаток А. Робоча програма кваліфікаційної роботи

Затверджено на засіданні
кафедри біотехнології продуктів
ферментація і виноробства НУХТ,
протокол № 1 від «30» серпня 2025 р.
Зав. кафедри _____ Анатолій КУЦ
31 серпня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

кваліфікаційної роботи на тему:

**«Удосконалення технології безалкогольного ферментованого напою
"Комбуча" з використанням нетрадиційної сировини»**

ВСТУП

1 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ У ТЕХНОЛОГІЇ КОМБУЧИ (аналітичний огляд)

- 1.1 Стан та перспективи розвитку ринку безалкогольних ферментованих напоїв в Україні та світі
- 1.2 Характеристика комбучі, як перспективного ферментованого напою
- 1.3 Характеристика процесу ферментації сусла культурою *Medusomyces gisevii*
- 1.4 Характеристика сировини у виробництві ферментованого напою комбуча
- 1.5 Характеристика нетрадиційної сировини, для розширення асортименту ферментованого напою - комбуча
- 1.6 Висновки до аналітичного огляду літератури, мета і задачі досліджень

2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

- 2.1 Матеріали досліджень
- 2.2 Методи досліджень
- 2.3 Методика досліджень

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЧАЮ АНЧАН У ТЕХНОЛОГІЇ КОМБУЧИ (експериментальна частина)

- 3.1 Дослідження властивостей чаю анчан
- 3.2 Дослідження технологічних режимів приготування настою чаю анчан.
- 3.3 Вплив чаю анчан на вміст сухих речовин і загальну кислотність при ферментації сусла культурою *Medusomyces gisevii*
- 3.4 Дослідження органолептичних показників комбучі на основі чаю анчан...
- 3.5 Розробка технологічної схеми приготування ферментованого напою з використанням чаю анчан
- 3.6 Висновки до розділу 3

4. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5. СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

Здобувач _____ Роман МАЛКІН
Керівник, д.т.н, проф. _____ Віталій ПРИБИЛЬСКИЙ

Додаток Б. Публікації Малкін, Р. Комбуча – інноваційний крафтовий напій для закладів індустрії гостинності / Р.С. Малкін, О.С. Дулька, В.Л Прибильський // Світові досягнення і сучасні тенденції розвитку туризму та готельно-ресторанного господарства: матеріали IV Міжнародної науковопрактичної конференції, м. Запоріжжя, 11-12 листопада 2025р. : колектив авторів ; за заг. ред. проф. В.М. Зайцевої ; Національний університет «Запорізька політехніка». Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – С. 483–486.



КОМБУЧА – ІННОВАЦІЙНИЙ КРАФТОВИЙ НАПІЙ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ

Сучасна індустрія гостинності орієнтується на підвищення якості харчових продуктів і напоїв, а також на задоволення зростаючого попиту споживачів на здорове, автентичне та екологічно безпечне харчування. Одним із яскравих проявів цієї тенденції є зростання популярності крафтових ферментованих напоїв, серед яких особливе місце посідає комбуча – продукт, отриманий шляхом симбіотичного бродіння сусла на основі чайного настою з цукром під дією зооглеї бактерій і дріжджів (SCOBY).

Комбуча поєднує в собі унікальні органолептичні властивості, функціональну користь для організму та широкий потенціал для творчої інтерпретації у гастрономії. У світовому контексті цей напій став невід’ємною частиною асортименту кафе, кав’ярень, еко-барів і навіть коктейльних меню, що пропонують «здорові альтернативи» традиційним безалкогольним і алкогольним напоям.

Комбуча є результатом ферментації настою чаю (переважно чорного або зеленого) з додаванням цукру та внесенням симбіотичної культури *Medusomyces gisevii*. У процесі бродіння утворюються органічні кислоти (оцтова, глюконова, глюкуронова, молочна та ін.), невелика кількість етанолу, вітаміни групи В, поліфеноли та вуглекислий газ, що надає напою освіжаючі властивості [1].

Ключовими параметрами, що визначають якість комбучі є - тип базового чаю, який формує ароматичний профіль; тривалість та температурний режим ферментації; якісні характеристики культури SCOBY та для розширення асортименту використання натуральних смакових добавок (фрукти, трави, спеції).

У крафтовому виробництві ці чинники дозволяють отримувати напої з унікальними органолептичними характеристиками – від ніжно-кислуватих до виражено фруктових чи квіткових профілів.

Світовий ринок комбучі демонструє стабільне зростання протягом останнього десятиліття. За даними аналітичних агентств (Allied Market Research, 2024), середньорічний темп приросту ринку становить близько 17–20 %, а прогноз до 2030 року оцінює його обсяг у понад 15 млрд доларів США [1].

У країнах ЄС, США та Австралії комбуча вже стала частиною масової культури споживання. Її активно просувають як корисну альтернативу солодким газованим напоям, енергетикам і навіть пиву. Зростання популярності крафтових форматів сприяє появі дрібних локальних виробників, які роблять ставку на натуральність, локальні інгредієнти та унікальні рецептури.

В Україні ринок комбучі перебуває на етапі активного становлення. Серед ключових крафтових виробників – Bohd Kombucha, Культурна комбуча, Wild&Raw, Чайна ферма, Green Kombucha. Виробництво здебільшого крафтове, з обмеженими обсягами, але з орієнтацією на HoReCa-сегмент. Попит зростає у закладах, які пропагують здорове харчування, vegan-friendly меню та натуральні продукти.

Для закладів ресторанного та готельного бізнесу комбуча відкриває широкі можливості:

- розширення безалкогольного асортименту, оскільки комбуча може бути запропонований як альтернатива лимонадам, сокам, холодному чаю або пиву;
- формування іміджу закладу як інноваційного та екологічно відповідального, оскільки використання локальної комбучі відповідає сучасним принципам sustainable hospitality;
- використання у міксології, комбуча може бути основою для авторських коктейлів – завдяки легкій природній карбонізації та складному смаковому профілю [2];
- підвищення маржинальності, так як крафтові напої мають вищу цінову категорію, але сприймаються як продукт преміум-якості.

Важливим аспектом є можливість розробки фірмових рецептів на основі локальних чаїв, ягід чи трав (наприклад, комбуча з обліпихою, м'ятою, бузиною,

лавандою). Такі рішення підсилюють ідентичність бренду закладу та створюють додану цінність.

Комбуча є перспективним крафтовим ферментованим напоєм, який органічно вписується у сучасну концепцію здорового харчування та гастрономічної культури. Для закладів індустрії гостинності вона становить цінний ресурс диверсифікації напоїв, формування унікальної пропозиції та підвищення лояльності споживачів [3].

З урахуванням світових тенденцій і розвитку локального крафтового виробництва, український ринок комбучі має всі передумови для зростання. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію технологічних параметрів ферментації, стандартизацію якості та створення концепцій гастрономічних поєднань комбучі з різними стравами, що розкриє її потенціал як елементу культури гостинності нового покоління.

Список використаних джерел:

1. Дулька О. Перспективи крафтового виробництва інноваційного ферментованого напою комбучі для закладів індустрії гостинності. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2025. 7(2). С. 232–244.

2. Дулька О., Прибильський В., Шидловська О. Використання комбучі у коктейлях для закладів ресторанного господарства. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному та туристичному бізнесі* : тези доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 16-17 травня 2023 р. Київ : НУХТ, 2023. С. 67.

3. Дулька О., Прибильський В., Шидловська О. Розробка інноваційної технології ферментованого напою комбуча для крафтових підприємств закладів ресторанного господарства. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції* : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р. Київ : НУХТ, 2022. С. 124–126.

Використання нетрадиційних сортів чаю у технології комбучі / Р. Малкін, Д. Єременко О. Дулька, В. Прибильський / Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 7–11 квітня 2025 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2025. – Ч. 1. – С. 162.



Матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті", 7–11 квітня 2025 р. – Київ: НУХТ. – Ч.1.

12. Використання нетрадиційних сортів чаю у технології комбучі

Роман Малкін, Дар'я Єременко, Ольга Дулька, Віталій Прибильський
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Ферментовані харчові продукти визначені Міжнародною науковою асоціацією пробіотиків і пребіотиків як «їжа, що виготовлена шляхом бажаного росту мікробів і ферментативних перетворень» і набули значної популярності в останні роки. Комбуча, як ферментований напій на основі чаю є одним із харчових продуктів, що має значну терапевтичну дію, покращує функції кишечника шляхом модуляції мікробіоти, сприяє боротьбі з метаболічним дисбалансом. Визначали вплив температури екстрагування чаю анчан на органолептичні показники комбучі.

Матеріали та методи. Матеріалами досліджень були чай *Clitoria ternatea L.*, вода питна підготовлена, культура *Medusomyces gisevii* DP-21. В дослідженнях використовували загальноприйняті методи в пиво-безалкогольній галузі.

Результати та обговорення. У різновидах чаю для виробництва комбучі особливе місце займає чай анчан. У поєднанні з комбучею, чай анчан створює унікальний продукт із виразним смаком і численними корисними властивостями. Він багатий на антиоксиданти, флавоноїди та антоціани, які надають напою природний синій відтінок [1].

Сусло готували із використанням підготовленої води, цукрового сиропу та листя чаю *Clitoria ternatea L.* Зброджування здійснювали культурою *Medusomyces gisevii* DP-21 У готовому напої визначали зовнішній вигляд, аромат, вміст фенольних сполук та антоціанів залежно від температури екстрагування листя чаю. Отримані результати наведено у таблиці.

Таблиця — Вплив температури екстрагування чаю *Clitoria ternatea L.* на органолептичні показники та вміст фенольних сполук і антоціанів у напої

Показник	Характеристика напою за температури екстрагування			
	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
Зовнішній вигляд	+	+	+	+
Аромат	-	+	+	+/-
Фенольні сполуки	-	+	+	+/-
Антоціани	-	+	+	+

Примітка: «+» — вплив позитивний; «-» — вплив негативний; +/- — впливу не визначено.

За результатами досліджень визначено, що температура екстрагування має вирішальне значення як для досягнення високого вмісту фенольних сполук та антоціанів, так і для збереження характерного аромату напою. Оптимальною температурою екстрагування визначено 60...80 °C. За результатами аналітичних досліджень вміст антоціанів у цьому діапазоні температур становив 37...82 %.

Висновки.

Визначено, що оптимальною температурою екстрагування листя чаю анчан для використання у технології ферментованого напою комбуча становить 60...80 °C.

Література

1. Дулька, О. С. Розробка інноваційної технології ферментованого напою комбуча для крафтових підприємств закладів ресторанного господарства / О. С. Дулька, В. Л. Прибильський, О. Б. Шидловська // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції, 8 листопада 2022 р., – Київ : НУХТ, 2022. – С. 124-126.