

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ біотехнології та екологічного контролю _____
Кафедра _____ біотехнології і мікробіології _____

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

_____ Наталія ГРЕГІРЧАК _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 08 » _____ грудня _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Віктор СТАБНІКОВ _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 08 » _____ грудня _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 162 «Біотехнології та біоінженерія» _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ «Промислова та фармацевтична біотехнологія» _____
на тему: Біотехнологія функціональних ферментованих напоїв нового покоління з використанням пробіотичних дріжджів _____

Виконав: здобувач _____ ІІ _____ курсу, групи _____ ПФБ-2-1М _____

_____ ГРІНА Анастасія Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ ГРЕГІРЧАК Наталія Миколаївна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю

Кафедра біотехнології і мікробіології

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Промислова та фармацевтична біотехнологія»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології і
мікробіології

Віктор СТАБНИКОВ

“ 01 ” жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ГРИНОЇ Анастасії Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Біотехнологія функціональних ферментованих напоїв нового покоління з використанням пробіотичних дріжджів

керівник роботи ГРЕГІРЧАК Наталія Миколаївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 05.11.2025 № 912-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 27.11.2025

3. Вихідні дані до роботи: Пробіотичні дріжджі, рослинна сировина, ферментовані напої, технологія.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат, Вступ, РОЗДІЛ 1. Світові тенденції вживання та виробництва ферментованих продуктів. РОЗДІЛ 2. Використання *Saccharomyces boulardii* у ферментованих напоях. РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування. РОЗДІЛ 4. Обґрунтування вибору стадій технологічного процесу. РОЗДІЛ 5. Опис технологічної схеми отримання субстанції. РОЗДІЛ 6. Технологічні особливості отримання готового продукту. РОЗДІЛ 7. Контроль виробництва. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Технологічна схема післяферментаційних стадій одержання ліофілізованої біомаси *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796 – 1 аркуш формату А3.

Технологічна схема стадій виробництва функціонального ферментованого напою – 1 аркуш формату А3.

Апаратурна схема післяферментаційних стадій одержання ліофілізованої біомаси *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796 – 1 аркуш формату А3.

Апаратурна схема стадій виробництва функціонального ферментованого напою – 1 аркуш формату А3.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 01 жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Світові тенденції вживання та виробництва ферментованих продуктів	01.10.2025 – 08.10.2025	
2	Використання <i>Saccharomyces boulardii</i> у ферментованих напоях	09.10.2025 – 15.10.2025	
3	Техніко-економічне обґрунтування	16.10.2025 – 24.10.2025	
4	Обґрунтування вибору стадій технологічного процесу	25.10.2025 – 31.10.2025	
5	Опис технологічної схеми отримання субстанції	01.11.2025 – 07.11.2025	
6	Технологічні особливості отримання готового продукту	08.11.2025 – 12.11.2025	
7	Контроль виробництва	13.11.2025 – 17.11.2025	
8	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.11.2025 – 23.11.2025	
9	Оформлення графічної частини	24.11.2025 – 27.11.2025	

Здобувач

_____ (підпис)

Анастасія ГРІНА

_____ (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Наталія ГРЕГІРЧАК

_____ (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра присвячена аналізу сучасних технологій виробництва функціональних ферментованих напоїв нового покоління та мікроорганізмів, що для цього застосовуються. А також проектуванню крафтового виробництва ферментованого функціонального немолочного напою з пробіотичними дріжджами *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796. У роботі наведений сучасний стан галузі ферментованих напоїв України та перспективи виробництва нового напою. Розраховано потужність виробництва, що становить: 81900 л готового напою на рік (900 л/цикл); об'єм культуральної рідини 12 м³ на рік (272 л/цикл). Концентрація біомаси – 8,2 г/л.

Технологія виробництва складається з двох основних етапів: виробництва ліофілізованої біомаси *S. boulardii* ATCC-MYA-79 та зброджування напою. Основними етапами виробництва субстанції є: підготовка повітря, зберігання та центрифугування культуральної рідини, стабілізація біомаси, сублімаційне сушіння препарату з попереднім заморожуванням у шоківій морозильній камері, подрібнення та просіювання препарату, а також його пакування. Етапи виробництва готового напою включають: виробництво соку з яблучної сировини (миття та подрібнення плодів, обробка мезги, пресування, фільтрування та стерилізація соку), зброджування напою, його охолодження, розлив та маркування. Напій розливають у ПВЩ-пляшки, об'ємом 100 мл (10^{10} КУО/пляшку).

У роботі наведений підбір технологічного обладнання з урахуванням матеріальних потоків по стадіях а також сучасні методи контролю виробництва.

Кваліфікаційна робота викладена на 167 сторінках, містить 13 рисунків, 29 таблиць, складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаної літератури (222 найменувань), додатків, технологічних (формат А3, 2 аркуші) та апаратурних (формат А3, 2 аркуші) схем.

Ключові слова: *Saccharomyces boulardii*, *S. boulardii* ATCC-MYA-796, ферментований напій, ферментація, яблука, функціональні властивості.

ABSTRACT

The master's qualification thesis is devoted to the analysis of modern technologies for the production of new-generation functional fermented beverages and the microorganisms used for this purpose. It also covers the design of a craft production facility for a fermented functional non-dairy beverage with *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796 probiotic yeast. The thesis presents the current state of the fermented beverages sector in Ukraine and outlines the prospects for introducing a new product to the market. The production capacity has been calculated as 81,900 L of the finished beverage per year (900 L per cycle), with an annual culture broth volume of 12 m³ (272 L per cycle) and a biomass concentration of 8.2 g/L.

The production technology comprises two principal stages: the manufacture of lyophilised *S. boulardii* ATCC-MYA-796 biomass and the fermentation of the beverage itself. The key operations involved in producing the biomass include air preparation, storage and centrifugation of the culture broth, biomass stabilisation, freeze-drying of the product following pre-freezing in a blast freezer, milling, sieving and final packaging.

The stages of the ready-to-drink product manufacturing process include apple juice production (washing and milling of fruit, mash treatment, pressing, filtration and juice sterilisation), beverage fermentation, cooling, bottling and labelling. The beverage is filled into HDPE bottles with a volume of 100 mL (10⁶ CFU per bottle).

The thesis also provides the selection of technological equipment based on material flows at each stage, as well as an overview of modern production control methods.

The qualification work is set out on 167 pages, includes 13 figures, 29 tables, consists of an introduction, seven chapters, conclusions, a list of references (222 sources), appendix, technological diagrams (A3 format, 2 sheets) and hardware diagrams (A3 format, 2 sheets).

Keywords: *Saccharomyces boulardii*, *S. boulardii* ATCC-MYA-796, fermented beverage, fermentation, apples, functional properties/

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ABSTRACT	5
ВСТУП	8

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

РОЗДІЛ 1. Світові тенденції вживання та виробництва ферментованих продуктів	10
1.1 Тенденції вживання традиційних ферментованих продуктів.....	10
1.2. Різниця між ферментованими та функціональними продуктами.....	20
1.3. Користь функціональних продуктів.....	21
1.4. Мікроорганізми та сировина в розробках функціональних ферментованих продуктів.....	23
1.5. Актуальність виготовлення функціональних немолочних напоїв.....	31

РОЗДІЛ 2. Використання <i>Saccharomyces boulardii</i> у ферментованих напоях	34
2.1. Переваги використання пробіотичних дріжджів <i>Saccharomyces boulardii</i>	34
2.2. Розробки у виробництві функціональних ферментованих напоїв з використанням <i>Saccharomyces boulardii</i>	37

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування	45
3.1. Характеристика біотехнологічного продукту.....	45
3.2. Огляд ринку цільової (аналогічної) продукції.....	50
3.3. Розрахунок річної потужності виробництва.....	59
3.4. Розрахунок кількості виробничих циклів та геометричного об'єму ферментера.....	69
РОЗДІЛ 4. Обґрунтування вибору стадій технологічного процесу	71
4.1. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання біотехнологічного продукту.....	71
4.2. Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.....	82
4.3. Специфікація обладнання.....	86

РОЗДІЛ 5. Опис технологічної схеми отримання субстанції	89
РОЗДІЛ 6. Технологічні особливості отримання готового продукту	94
6.1. Обґрунтування форми випуску готового напою.....	94
6.2. Обґрунтування пакування готового напою.....	96
6.3. Обґрунтування технологічних особливостей одержання ферментованого напою.....	100
6.4. Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.....	104
6.5 Специфікація обладнання.....	108
6.6. Опис технологічної схеми виготовлення готового напою.....	110
РОЗДІЛ 7. Контроль виробництва	114
7.1. Карта контрольних точок виробництва субстанції.....	114
7.2. Підбір сучасних методів контролю виробництва субстанції.....	116
7.2.1. Мікробіологічний контроль.....	116
7.2.2. Фізико-хімічний контроль.....	126
7.3. Методи контролю готового напою.....	127
7.3.1. Метод відбирання проб.....	127
7.3.2. Контроль органолептичних показників.....	127
7.3.3. Контроль фізико-хімічних показників.....	128
7.3.3.1. Визначення масової частки сухих речовин.....	128
7.3.3.2. Визначення об'ємної частки спирту.....	129
7.3.3.3. Визначення кислотності.....	130
7.3.3.4. Визначення масової частки діоксиду вуглецю.....	130
7.3.3.5. Визначення стійкості.....	135
7.4. Контроль концентрації життєздатних клітин в напої.....	133
ВИСНОВКИ	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	135
ДОДАТКИ	161

ВСТУП

Сучасна харчова промисловість, зокрема сектор ферментованих напоїв, дедалі більше спрямовує увагу на створення продуктів з певними функціональними властивостями. Одним з перспективних напрямів розвитку даної галузі є розробка та виробництво функціональних ферментованих напоїв на основі рослинної сировини з застосуванням мікроорганізмів з підвищеною біологічною активністю[1]. Це має особливу актуальність, враховуючи темп та спосіб життя значної частини населення, що призводить до незбалансованого харчування та погіршення їх самопочуття. А також враховуючи такі проблеми, як харчові алергії, непереносимість лактози, чи захворювання шлунково-кишкового тракту, з якими стикається близько 75% населення, через що для них вживання молочних продуктів є неможливим[2]. Для таких людей ферментовані рослинні напої є чудовим варіантом функціональних продуктів та альтернативою класичних молочних напоїв. Вони не потребують додаткової обробки, є стійкими та мають прийнятні органолептичні показники, а зручне пакування дозволяє вживати їх протягом дня у будь-якому місці[3].

В останні роки, увагу наукової спільноти привертають пробіотичні дріжджі *Saccharomyces boulardii* та можливість їх використання для виробництва ферментованих напоїв на основі рослинної сировини, зокрема яблучної. Це пов'язано з їх фізіологічною активністю, а також стійкістю у шлунково-кишковому тракті людини. Серед проаналізованих штамів можна виділити *S. boulardii* ATCC-MYA-796, перевагою якого є синтез мінімальної кількості етанолу (0,025%) під час ферментації, що є прийнятним для виробництва напою, ріст на дешевому поживному середовищі та низька вартість біомаси[1]. Тенденція щодо поширення *S. boulardii* спостерігається не лише у підвищеній кількості наукових публікацій за останні 10 років, а й на світовому ринку продукції на основі даної пробіотичної культури, що щорічно зростає на 6,6%[4].

					НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ			
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Разроб.		Гріна А.С.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Грегірчак Н.М.					8	2
Консульт.								
Н. Контр.								
Затверд.		Стадніков В.П.						
						Кафедра БТМ 8		

Виробництво напоїв є великим та стратегічно важливим сектором харчової промисловості України, а враховуючи зменшення кількості виробництв, що пов'язано з наслідками повномасштабного вторгнення, актуальним залишається проектування та впровадження вітчизняних виробництв ферментованих напоїв, чи субстанції для їх виготовлення. Особливу увагу при цьому надають оптимізації виробничого процесу, що є критично важливим для збереження життєздатності мікроорганізмів та забезпечення оптимальної функціональної дії [5, 6].

Враховуючи сформований попит споживачів на функціональні рослинні напої, розробка та виробництво функціонального ферментованого напою на основі яблучної сировини із використанням дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796 є важливим та перспективним напрямом розвитку харчової промисловості України. Оскільки це може задовольнити потреби широкого кола споживачів, мати значний потенціал для харчової промисловості та комерційні переваги для виробників, які можуть зайняти велику нішу на внутрішньому та міжнародному ринках [6, 7].

РОЗДІЛ 1. СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВЖИВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА ФЕРМЕНТОВАНИХ ПРОДУКТІВ

1.1. Тенденції вживання традиційних ферментованих продуктів

Процес ферментації харчових продуктів був відомий людству ще задовго до відкриття перших мікроорганізмів. Його можна вважати найстарішим та найвідомішим процесом консервації, що використовується і до наших днів. Найперші згадки про використання ферментації, як методу збереження продуктів, зареєстровані приблизно за 7000 років до нашої ери у Китаї [8, 9]. Місцеві жителі виготовляли ферментований напій, змішуючи підготовлений рис, мед та фрукти [10]. Результати іншого нещодавнього дослідження, заснованого на протеомному аналізі, показали, що протягом 3500 років в Азії вживали ферментований напій на основі чайного гриба [11, 12]. Загалом, найдавніші свідчення про використання бродіння походять з Азії. Зробити такі висновки та провести відповідні дослідження вдалось на основі знайдених під час археологічних розкопок посудин [13].

Ферментовані продукти споживаються у всьому світі. Найбільший відсоток їх споживання зареєстрований в Європі та Азії. Однак, залежно від регіону та сировини, що використовується для виробництва – традиційні ферментовані продукти значно відрізняються по своїй рецептурі та органолептичним властивостям. Так, в Європі найбільший попит мають молочні ферментовані продукти, такі як йогурт, чи сир. Також вживають ферментовані напої на основі зернових культур, до яких відносять пиво чи квас. В Азії ситуація кардинально відрізняється, оскільки для цього регіону характерне вирощування іншої сировини і, відповідно, вживання таких продуктів, як соєвий соус, ферментовані боби, чи квашені овочі, включаючи “кімчі” [13]. На поширеність того чи іншого ферментованого продукту у певному географічному регіоні впливають кліматичні та економічні умови, поширеність рослинної та тваринної сировини, культура, традиції, а також не мале значення відіграє релігійне підґрунтя [14].

					<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Гріна А.С.</i>			<i>Розділ 1. Світові тенденції вживання та виробництва ферментованих продуктів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грегірчак Н.М.</i>					10	24
<i>Консульт.</i>						<i>Кафедра БТМ</i> ₁₀		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стадніков В.П.</i>						

За літературними даними, від 5% до 40% усієї їжі, що споживається, відноситься саме до ферментованих продуктів[13]. Існує понад 5000 різних видів ферментованих продуктів. Таку поширеність можна пояснити не лише смаковими вподобаннями місцевих мешканців певних регіонів, а й доведеними корисними властивостями, що мають ферментовані продукти. Вони є осередком консорціумів мікроорганізмів, що присутні або як природна місцева мікробіота у сировині, навколишньому середовищі чи посуді, або у заквасці, що містить функціональні мікроорганізми та додається для ферментації[15]. Крім того, для країн, що розвиваються, бродіння є одним з найдоступніших методів консервації та збереження продуктів, що викликано історичними та економічними передумовами. Така ферментація не лише не потребує значних фінансових витрат при виробництві в домашніх умовах, але й дозволяє покращити органолептичні властивості готового продукту, його засвоюваність та запобігти розвитку патогенних мікроорганізмів[14].

У табл. 1.1 наведений опис традиційних ферментованих продуктів, їх регіону походження та особливостей використання. Як ми бачимо, спектр показів до вживання ферментованих продуктів у різних народах дуже широкий, включаючи навіть такі випадки, як додавання в їжу для відлучення немовлят[16].

Таблиця 1.1

Традиційні ферментовані продукти

Продукт	Опис	Сировина	Мікроорганізми	Регіон походження	Корисні властивості	Література
Оливки	Традиційне ферментована страва, що широко поширена в Європі.	Оливки	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i>	Європа (Італія, Іспанія)	Позитивно впливає на травлення за рахунок пробіотиків та пребіотиків.	[17]
Квашена капуста	Традиційна Європейська ферментована страва, що готується з капусти методом її сквашування	Капуста	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	Європа	Покращує цілісність кишкового бар'єра, зменшує запалення при хворобах кишківника, в тому числі і хронічні. Покращує травлення, імунну відповідь, а також продукт багатий на вітаміни різних груп.	[18]
Ферментовані огірки	Відома ферментована їжа, що є поширеною в Європейських країнах. Серед овочів огірки є однією з найпоширеніших сировин для ферментації.	Огірки	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosaceus</i>	Європа	Містять велику кількість антиоксидантів, вітамінів, мінералів, є джерелом білків та екзополісахаридів. Мають позитивний вплив на здоров'я кишківника та імунітет споживача.	[19]

Пиво	Є одним з найпоширеніших напоїв у всьому світі. Є алкогольним напоєм, що виготовляється шляхом ферментації. Існує декілька видів пива, що відрізняються методом його виробництва: низового бродіння, верхового бродіння, спонтанного бродіння та змішаного бродіння. Залежно від типу бродіння відрізняються мікроорганізми, що використовуються.	Ячмінний солод, вода, хміль	<i>Saccharomyces bayanus</i> , <i>Saccharomyces pastorianus</i> для нижнього бродіння та <i>Saccharomyces cerevisiae</i> для верхового бродіння	Європа	Не зважаючи на те, що пиво є алкогольним напоєм, однак вона має первні переваги для здоров'я. Пиво, що містить живі клітини може підтримувати кишкову мікрофлору, впливати на травлення. Помірне вживання пива може підтримувати серцево-судинну систему. Має антиоксидантні властивості.	[20]
Йогурт	Традиційний молочний ферментований продукт. Виготовляється шляхом ферментації молока спеціальними бактеріями, що впливають на його текстуру та органолептичні властивості.	Молоко	<i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>	Європа/ Азія	Поліпшення травлення, підтримання здорової мікрофлори кишківника, підтримує імунітет, є джерелом кальцію, білка та вітаміну D, що підтримує здоров'я кісткової системи. Особливо корисний для дітей.	[21]

Ряжанка	Є традиційним кисломолочним продуктом. Промислове виробництво здійснюють шляхом бродіння молочнокислих бактерій, в домашніх умовах виробляють шляхом зворотного бродіння. Тобто невелику кількість ряжанки додають до пастеризованого молока.	Молоко	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Європа/ країни Середземномор'я	Має менший вміст холестерину, жиру та більший вміст білку, в порівнянні з молоком. Також має більшу поживну цінність, високий вміст білку та вітамінів. Підтримує травлення, мікрофлору кишківника, впливає на м'язову та кісткову тканини.	[22]
Скир	Традиційний Ісландський продукт, який почали споживати за часів вікінгів і все ще він є невід'ємною частиною скандинавського раціону.	Молоко (коров'яче, овече)	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> <i>subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i>	Європа	Має підвищену концентрацію білка, порівняно з молоком, є джерелом кальцію, підтримує м'язову масу, кісткову тканину. Підтримує травну систему.	[23]

Продовження табл. 1.1

Комбуча	Традиційний ферментований напій, що широко поширився світом. Чорний або зелений чай залишають настоятися з сахарозою протягом 5 хвилин, а потім охолоджують до кімнатної температури. Проціджують охолоджений продукт та додають кумис, отриманий в результаті попереднього виробництва.	Чай, цукор, вода	<i>Acetobacteraceae</i> (<i>Acetobacter aceti</i> , <i>A. estunensis</i> , <i>A. pasteurianus</i> , <i>Gluconobacter oxydans</i> , <i>Komagataeibacter kombuchae</i> , <i>K. rhaeticus</i> i <i>K. xylinus</i>), <i>Lactobacillus sp. a також осмофільні дріжджі</i>	Китай, Європа	Напій має антиоксидантні, антимікробні, антигіпертензивні та протизапальні властивості, проявляє омолоджуючий ефект, покращуючи якість та пружність шкіри, має протипухлинний ефект.	[24]
Амахеву (Amahewu)	Ферментований безалкогольний зерновий напій. Виробництво передбачає ферментацію вареної кукурудзяної каші з додаванням солоду з проса або сорго на домашньому рівні, та використання закваски.	Кукурудза	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida glabrata</i>	Південна Африка	Використовують як тонізуючий напій для дорослих та дітей. Також додають в їжу для відлучення немовлят.	[16]

Продовження табл. 1.1

Гарі	Нігерійський ферментований продукт, який був комерціалізований. Його отримують шляхом очищення свіжих коренів, перетирання їх у пюре та поміщення в мішки для бродіння.	Маніок їстівний	<i>Leuconostoc mesenteroide</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Candida krusei</i>	Західна Африка	Покращення травлення та позитивний вплив на шлунково-кишковий тракт за рахунок клітковини та мікроорганізмів.	[25]
Телла	Найбільш споживаний традиційний ферментований алкогольний напій Ефіопії, неконтрольованого бродіння. Відноситься до категорії напоїв Пива. Оптимальні параметри процесу бродіння: Температура = 20–25 °С, рН = 4,78; Співвідношення солоду до «гешо» (<i>R. prinoides</i>) = 1:3.	Ячмінь, пшениця, кукурудза, просо, сорго, листя “гешо”	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Acetobacter xylinum</i>	Східна Африка	Має високу харчову цінність. Напій містять значну кількість загальних поліфенолів і антиоксидантів	[26]

Чіча	Традиційний ферментований напій. Вважається невід'ємною частиною щоденного споживання їжі та використовувався в релігійних церемоніях як данина пам'яті померлим у кількох важливих доінківських культурах Анд.	Кукурудза / фіолетова кукурудза	<i>Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus, Saccharomyces.</i>	Південна Америка	Є джерелом поживних речовин, пробіотичних мікроорганізмів і сприяє покращенню здоров'я споживачів. Має потенціал для лікування гіперглікемії,	[27]
Тапаче	Традиційний мексиканський ферментований напій, що готують шляхом природного збродження. Бродіння в основному відбувалося у дві послідовні стадії, на початку відбувалося бродіння молочної кислоти та етанолу, в якому переважають молочнокислі бактерії та дріжджі, після чого переважають оцтовокислих бактерій.	Шкаралупи ананасів, коричневий тростинний цукор	<i>Lactiplantibacillus plantarum, Leuconostoc mesenteroides, Lactobacillus sp., Lactococcus lactis, Saccharomyces cerevisiae</i>	Мексика	Покращення травлення, позитивний вплив на шлунково-кишковий тракт та загальне самопочуття.	[28]

Пульке	традиційний мексиканський алкогольний напій, який виробляється шляхом бродіння свіжого соку, відомого як aguamiel (мед). Вміст алкоголю від 4 до 7°.	Агава	<i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Acetobacter</i>	Центральна Мексика	Незважаючи на вміст алкоголю, продукт має корисні функціональні властивості. Напій має високу харчову цінність, тому для споживачів може слугувати “другою їжею”. Також напій є джерелом заліза та вітамінів.	[29]
Кімчі	Традиційна корейська страва з овочів. Приготування: до порізаних овочів додається 10% солі, або вони занурюються в розсіл.	Овочі (капуста, редька, огірок)	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Levilactobacillus brevis</i> , <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	Корея	Поліпшення рН шкіри, зниження рівня глюкози в крові натще у споживачів кімчі, що споживають його у великій кількості. Позитивно впливає на формування мікробіоти кишківник.	[30]
Дуенджан	Традиційна корейська приправа, що готується з ферментованого вареного насіння сої. Її виробляють шляхом ферментації вареного насіння сої природними бактеріями.	Насіння сої	<i>B. subtilis</i> і <i>B. licheniformis</i> є домінуючими мікроорганізмами	Корея	Володіє протираковою, антимуtagenною, антиоксидантною та фібринолітичною активністю.	[31]

Закінчення табл. 1.1

Чунгкучжан	Традиційний корейський ферментований суп, що готується шляхом ферментації пропарених соєвих бобів у закритій і вологій ємності при температурі приблизно 40 °С протягом 2-3 днів; бродіння здійснюється повітряними мікробами або ендогенною мікрофлорою сої	Соєві боби	<i>B. subtilis</i> є домінуючим мікроорганізмом	Корея	Посилює антидіабетичну функцію, позитивно впливає на роботу кишківника та загальний стан.	[12]
Саке	Традиційне японське рисове вино. Ферментація саке включає виробництво коджі, приготування пюре з насіння та бродіння пюре. Коджі виготовляється з пропареного рису шляхом інокуляції цвіллю коджі <i>Aspergillus oryzae</i> .	Рис	<i>S. cerevisiae</i> , <i>Fructilactobacillus fructivorans</i> , <i>Lactobacillus homohiochi</i>	Японія	Напій має антиоксидантні та пробіотичні властивості. Справляє позитивний вплив на травлення та серцево-судинну систему.	[32]

1.2. Різниця між ферментованими та функціональними продуктами.

У минулому позитивний вплив вживання ферментованих продуктів на організм людини був невідомим. З початку розвитку людської цивілізації зброджування відбувалось спонтанно та неконтрольовано, після чого люди зрозуміли що бродіння можна використовувати для подовження терміну зберігання продуктів та почали його використовувати у власних цілях, однак вплив на здоров'я ще дуже довгий час залишався невідомим. Лише після відкриття мікроскопа Антоні ван Левенгуком в 1665 році та з відкриттям мікроорганізмів Луї Пастером у 1860-х роках почалась епоха досліджень процесів бродіння та їх взаємозв'язку з мікроорганізмами. Дослідження чистих культур мікроорганізмів, умов стерилізації, вдосконалення процесів ферментації в контрольованих умовах, упродовж декількох століть дали змогу дослідити корисні властивості ферментованих продуктів та можливість їх виробництва в промислових масштабах[33].

Ферментовані продукти – це продукти, що виготовляються під час контрольованого бродіння за участю мікроорганізмів. У більшості продуктів під час бродіння головну роль відіграють молочнокислі бактерії, дріжджі та навіть деякі гриби. Під час ферментації дія мікроорганізмів заснована на розщепленні складних сполук до простих, що супроводжується синтезом корисних метаболітів, а також розвитком мікроорганізмів. Таким чином ферментація підвищує поживну цінність харчового продукту, додаючи користі мікроорганізми, вітаміни, чи ферменти. Основні переваги від вживання ферментованих продуктів спостерігається у дії на шлунково-кишкову систему, що характеризується покращенням засвоюваності продукту, зменшенням кишкової дисфункції, полегшенням протікання наявних захворювань та тимчасовим впливом на мікробіом кишківника. В останні роки спостерігається особливий інтерес в дослідженнях використання їжі, як транспортного засобу для пробіотиків, пребіотиків або синбіотиків[14].

Однак, не варто плутати ферментовані продукти з функціональними ферментованими продуктами. Останні опитування споживачів показали, що значна частина з них не розуміє різниці та вважає, що ферментовані продукти і є функціональними, хоча це не так і далеко не кожен ферментований продукт може

вважатись функціональним. Хоч визначення функціонального харчування давалось декілька разів, однак єдиного та загальноприйнятого визначення досі немає. Так, у Європейському консенсусному документі зазначено: «їжу можна вважати функціональною, якщо продемонстровано, що вона позитивно впливає на одну або більше цільових функцій організму, окрім адекватних поживних ефектів, у спосіб, який відповідає або покращеній стадії здоров'я, і буття та/або зниження ризику захворювання». Тобто функціональний продукт має мати конкретні, клінічно підтверджені переваги для здоров'я споживачів[33].

Серед інших основних відмінностей між ферментованими та функціональними продуктами виділяють:

- виробництво ферментованих продуктів з використанням мікроорганізмів без їх чіткої характеристики: використання спонтанного зброджування, використання змішаних штамів. В той час як для виробництва функціональних продуктів використовують конкретні штами мікроорганізмів, що були попередньо досліджені та відібрані.
- Ферментовані продукти містять у своєму складі мікроорганізми, однак вони можуть бути інактивованими, чи нежиттєздатними. Обов'язковою вимогою, що висувається до функціональних продуктів, є наявність достатньої кількості життєздатних клітин, які при цьому здатні виживати в несприятливих умовах шлунково-кишкового тракту.
- Ферментовані продукти не мають клінічно доведеної дії на здоров'я споживача, в той час, як функціональна їжа розроблена з урахуванням конкретних потреб і клінічно підтверджених переваг для споживачів[9].

Виходячи з цього стає зрозуміло, що корисні властивості кожного функціонального продукту обумовлені конкретними мікроорганізмами, що входять в його склад. Тому для визначення можливої дії на організм людини необхідно розглянути найпопулярніші мікроорганізми, що використовуються.

1.3. Користь функціональних продуктів.

На сьогодні досліджується широкий спектр мікроорганізмів, що використовуються в складі функціональних ферментованих продуктів. Вони мають

позитивний вплив на шлунково-кишковий тракт, мають протизапальну, антимікробну, протипухлинну дію, впливають на формування імунітету, допомагають у відновленні мікробіоти кишківника та навіть мають позитивний вплив на психічне здоров'я, знижуючи рівень тривог та депресій. Оскільки було доведено зв'язок між мікробіомом кишківника та мозком. Вживання ферментованих продуктів з підвищеною харчовою цінністю на пряму впливає на здоров'я нашого мозку, психоемоційний стан та загальне самопочуття[9, 35]. Відмічено, що вони мають безпосередній вплив на клітини мозку та покращення його когнітивних функцій. Проведені клінічні та доклінічні дослідження показали, що пацієнти, хворі на хворобу Альцгеймера, після курсу вживання функціональних ферментованих продуктів мали нижчий відсоток некротичних клітин, захист від включення клітин SH-SY5Y в цитоплазму та цитоскелет, підвищення життєздатності клітин і експресії BDNF[35]. Також пробіотики можуть коригувати та зменшувати симптоми таких захворювань, як аутизм чи хвороби Паркінсона[36]. Також був доведений вплив вживання функціональних продуктів, до складу яких входять певні мікроорганізми, на лікування діабету 2-го типу. У пацієнтів з метаболічним синдромом відзначається покращення чутливості до інсуліну[31, 37]. А у пацієнтів, що страждають на ожиріння, покращуються функції печінки та жирового обміну. Саме тому на сьогодні однією з найперспективніших форм лікування ожиріння є “маніпуляція” мікробіотою кишківника шляхом вживання відповідних пробіотиків[37].

Клінічне дослідження, проведені американськими вченими, показало позитивний вплив пробіотиків на м'язову втому та слабкість після COVID-19. За результатами дослідження було встановлено, що лікування призвело до зникнення втоми у значно більшого відсотка суб'єктів у досліджуваній групі порівняно з контрольною групою (91% проти 15%) на 14-й день. Це підтверджує той факт, що вживання пробіотиків у складі ферментованих продуктів, дозволяє зменшити м'язову втому у пацієнтів, що страждають на неї[36].

Також вживання пробіотиків демонструє позитивні результати лікування гострої діареї у дітей, на яку страждає великий відсоток дітей у всьому світі. Це

захворювання є другим за поширеністю після інфекції дихальних шляхів. Особливо гострою ця проблема є у країнах, що розвиваються. Наприклад, у деяких африканських країнах близько 15% дітей віком до 5 років помирають від гострої діареї. Небезпечною ця хвороба є через те, що вона швидко призводить до зневоднення організму та інших серйозних наслідків. Результати дослідження показали, що вживання пробіотиків разом з основною їжею дає позитивний терапевтичний ефект та зменшує симптоми діареї вже на 2-й день, що скорочує терміни протікання захворювання та терміни перебування в лікарні[39]. Окрім цього вживання пробіотиків рекомендовано для лікування atopічної екземи та інших дерматологічних захворювань у дітей, вірусних інфекцій, грипу та гепатиту[40].

1.4. Мікроорганізми та сировина в розробках функціональних ферментованих продуктів

У розробках функціональних ферментованих продуктів нового покоління використовуються різні групи мікроорганізмів, характеристика яких наведена у табл. 1.2. Всі вони позитивно впливають на загальний стан та самопочуття, а також мають клінічно доведену дію, тому на сьогодні привертають найбільшу увагу дослідників в усьому світі.

Таблиця 1.2

Мікроорганізми, що використовуються в розробках нових функціональних ферментованих продуктів

Мікроорганізм	Користі властивості та особливості	Література
Бактерії		
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Мають антимікробний потенціал. Володіють антигенотоксичністю, антимуtagenною та антиоксидантною активністю. Здатні нейтралізувати вільні радикали, зменшуючи окислювальне пошкодження біомолекул. Володіють протизапальною та імунною функцією, виробляють імунорегуляторні сполуки та модуляції імунної відповіді. Використовують як пробіотичний штам, покращують роботу кишківника, допомагають підтримувати, чи втратити вагу. Можуть використовуватись в якості біоконсервант.	[41]

<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>	Впливають на рівень щастя у дорослих людей, психічний стан та управління стресом. Покращують пам'ять, когнітивні функції, знижують рівень стресу та тривоги. Відмічений позитивний ефект при подоланні депресії. Має імуномодулюючий ефект, покращує травлення та позитивно впливає на мікробіоту кишківника.	[42]
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Підтримує загальне самопочуття та здорову мікрофлору кишківника. Має протизапальну дію, зменшує запалення кишківника. Володіє імунорегуляторними та антиостеопорозними ефектами. Є пробіотиком, вживається при дисбактеріозі та порушенні кишкової мікрофлори. Пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів.	[43]
<i>Bifidobacterium longum</i>	Позитивно впливають на загальний стан організму та мікробіоту кишківника. Стримують ріст та розвиток патогенних мікроорганізмів, мають противірусну, протизапальну та пробіотичну дію, антиоксидантні, антимікробні та антимутагенні властивості. Покращують травлення та допомагають засвоїти ферментовані продукти людям, що мають харчові алергії та непереносимість лактози.	[44]
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	Пробіотичні бактерії, що здатні вижити при несприятливих умовах шлунково-кишкового тракту. Мають антимікробні властивості, протиракову та антипатогенну дію, імуномодулювальною здатністю та мають механізми впливу на вроджений та адаптивний імунітет. Мають здатність утворювати біоактивні метаболіти і коротколанцюгові жирні кислоти, що характеризує пробіотичні властивості бактерії. Стимулюють утворення здорових клітин товстої кишки, своєю чергою, обмежуючи ріст ракових клітин шляхом апоптозу. Зменшують ризик утворення передракових уражень товстої кишки, покращити травлення, зменшити запалення, а також відновити нормальну мікробіоту.	[45]
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Належать до молочнокислих бактерій. Деякі штами мають пробіотичну дію, відіграють важливу роль у збалансуванні та відновленні мікробіоти кишківника, профілактиці захворювань травної системи, позитивно впливають на загальний стан. Впливають на зниження жирової дистрофії печінки. Мають антимікробні властивості, виробляючи бактеріоцини, що пригнічують розвиток широкого спектру патогенних мікроорганізмів. Мають імуномодулювальні властивості, стимулюючи імунні клітини. Знижують ризики захворювання на інфекції дихальних шляхів при вживанні даного мікроорганізму. Володіють протизапальною та антиоксидантною дією.	[46]

<i>Streptococcus thermophilus</i>	Здатний гідролізувати соєвий білок, що позитивно впливає на здоров'я споживача, оскільки знижує алергенність соєвих білків та покращує засвоюваність немолочної продукції. Покращує засвоєння лактози в молочних продуктах, має протизапальну дію, імунномодулюючу функцію, підтримує здоров'я кишківника та здорову мікробіоту, зменшує діарею та прояви деяких інших захворювань.	[47]
Дріжджі		
<i>Saccharomyces boulardii</i>	Володіє антимікробною, антиоксидантною, імуностимулюючою дією, впливає на формування імунітету. Здатний активувати міграцію моноцитів і гранулоцитів, активувати Т-клітини, змінити адгезію лімфоцитів, чи посилювати імунну відповідь слизової оболонки. Володіє протизапальною дією. Підтримує загальний стан споживача, позитивно впливає на роботу кишківника, має широку трофічну дію на його оболонку, стабілізує функцію шлунково-кишкового бар'єру, а також доведена можливість виживання мікроорганізму при несприятливих умовах кишкового та шлункового соків.	[48,49]
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Певні штами дріжджів здатні виробляти поліоли, такі як манітол. Є продуцентом ряду органічних та жирних кислот, володіє антиоксидантними властивостями, зменшує окислювальний стрес. Позитивно впливає на серцево-судинну систему та на загальний стан організму. Використовується для виробництва молочних ферментованих продуктів.	[50]
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	Покращує загальний стан організму. Володіє антимікробною дією, пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів, сприяючи відновленню нормальної мікрофлори кишківника. Має антиоксидантну та пробіотичну дію, впливає на шлунково-кишковий тракт, покращує тралення. Має протизапальну дію, знижуючи рівень прозапальних цитокінів і зменшуючи як місцеві, так і загальні запалення. Впливає на серцево-судинну систему, знижує рівень холестерину внаслідок вживання ферментованої продукції.	[51]
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	Протизапальна дія, на шлунково-кишковий тракт, зменшення місцевих запалень, володіє нейропротекторною дією, покращуючи емоційний стан людини, впливає на покращення пам'яті та полегшення проявів таких нейродегенеративних розладів, як хвороба Альцгеймера. Ферментованого продукту дріжджами мають антиамнезійну дію.	[52]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Пристає до несприятливих умов життєдіяльності в організмі людини. Доведена гідрофобність клітинної поверхні, опосередкованої наявними білками. Що дає змогу клітинам мікроорганізму “прилипати” до клітин кишківника для колонізації. Володіє протизапальною, імуностимуляторною та антимікробною дією. Позитивно впливає на роботу травної системи, покращує засвоюваність продуктів, відновлює здорову мікрофлору кишківника. Має стійкість до антибіотиків.	[53]

До потенційних біологічних агентів для виробництва функціональних продуктів відносять бактерії та дріжджі, які володіють пробіотичною дією та іншими клінічно доведеними властивостями. Залежно від виду обраного мікроорганізму різняться функціональні властивості готового продукту. Наприклад, бактерії роду *Lactobacillus plantarum* володіють антимікробною дією, пригнічуючи розвиток патогенних мікроорганізмів за рахунок виробництва кислоти та конкуренцію за поживні речовини. До інших основних переваг даного роду пробіотичних бактерій відносять антимутагенну активність, оскільки кожного дня організм людини схильний до впливу мутагенів, що потрапляють із навколишнім середовищем, предметами побуту та їжею, що можуть брати участь у розвитку пухлин. Однак *L. plantarum* може значно знижувати біологічну активність цих сполук. Припущено, що зменшення генотоксичності цих хімічних молекул певними мікроорганізмами відбувається шляхом зв'язування або біоперетворення їх на нереакційноздатні сполуки. Однак точний механізм ще не з'ясований[41]. Бактерії роду *Lacticaseibacillus rhamnosus* підтримують психічний стан людини, шляхом впливу на управління стресом, що є їх основною перевагою[42]. *Lactobacillus reuteri* є однією з небагатьох молочнокислих бактерій, яка здатна виживати та рости при несприятливих умовах шлункової кислоти. Має протизапальну дію, допомагаючи зменшити запалення кишківника, в тому числі зменшуючи прояви запальної хвороби кишківника, що є хронічним захворюванням невідомої етіології. Останні дослідження встановили взаємозв'язок між розвитком запальної хвороби кишківника та порушенням кишкової мікробіоти з послабленням імунітету[43]. Біфідобактерії широко використовуються при розробках функціональних продуктів через їх позитивний вплив на більшість функцій організму. Серед нещодавніх відкриттів було встановлено їх противірусну дію, що особливо ефективна на норовіруси[44]. До інших бактерій, що використовуються в розробках нових функціональних продуктів відносять *Propionibacterium freudenreichii* та *Pediococcus acidilactici*. Вони є стійкими до несприятливих умов існування та мають клінічно доведені властивості, що потенційно можуть використовуватись для розробки різних функціональних продуктів[45, 46]. А також *Streptococcus thermophilus* є важливим

стартовим видом у молочній промисловості. Однак, і у не молочній продукції його використання є перспективним. Дослідження вказують, що він найкраще підкреслює соєве молоко в порівнянні з багатьма відомими мікроорганізмами[47]

Серед дріжджів рід *Saccharomyces* є найпоширенішим родом, що використовується на сьогодні. *Saccharomyces boulardii* є одним з найперспективніших мікроорганізмів, використання яких досліджується на сьогоднішній день. Він володіє антимікробною дією, здатний пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів та нейтралізувати фактори вірулентності бактерій. Досліджений широкий спектр його імунної та протизапальної дії, через зменшення запальних реакцій (шляхом зменшення експресії прозапальних цитокінів), а також шляхом посилення протизапальних сигнальних ефектів слизової оболонки (підвищує експресію протизапальних цитокінів)[48, 49]. Серед інших дріжджів можна відзначити *Yarrowia lipolytica*, що є нетрадиційними дріжджами для використання у харчовій промисловості, однак вони мають декілька значних переваг. Певні штами дріжджів здатні виробляти поліоли, що використовують як підсилювачі смаку в харчовому продукті. Своєю чергою, це позитивно впливає на органолептичні показники готового продукту може знизити кількість використаних синтетичних ароматизаторів[50]. *Kluyveromyces marxianus*, що має на 15–25% кращу адгезію до клітин кишківника, ніж у *Lactobacillus*[51].

Також на функціональні властивості готового функціонального продукту впливає сировина, що для цього використовується. На вибір сировини впливає декілька факторів, такі як економічні, екологічні, чи кліматичні. Наприклад, в деяких регіонах може вирощуватись та сировина, що не характерна для інших регіонів через культурні чи кліматичні аспекти. В такому випадку її використання доцільно в регіоні проростання, а транспортування може бути не рентабельним. З іншої сторони, кожен тип сировини має свої переваги та властивості, враховуючи які її використовують для виробництва ферментованих продуктів[14].

Молоко є найпоширенішою сировиною для виробництва функціональних продуктів в Європі. І хоч дана сировина є багатим джерелом поживних речовин, таких як білки, вітаміни та мінерали, має біоактивні функціональні характеристики

та є сенсорно сприйнятною для споживачів, в сучасних умовах цього не достатньо для того, щоб вважати молоко ідеальною сировиною для виготовлення функціональних продуктів та напоїв нового покоління. Перш за все, через його кислотність необхідна додаткова стабілізація сировини, як матриці для виробництва функціональних продуктів, та підтримання життєздатності бактерій. Крім того, актуальною на сьогодні проблемою є непереносимість лактози та наявність інших харчових алергій, через що значна частина населення не може вживати молочні продукти[54].

Зернові культури мають найбільший потенціал для виготовлення немолочних ферментованих продуктів. Дана сировина є багатим джерелом поживних речовин, які сприяють ряду корисних фізіологічних ефектів, а також можуть стимулювати та підтримувати ріст пробіотичних штамів мікроорганізмів, підвищуючи їх стійкість. Значною перевагою зернових культур, для використання їх як матриці для виготовлення функціональної продукції, є стійкість та гарні органолептичні властивості, що позитивно оцінюються споживачами[55].

Бобові культури є ще однією потенційною сировиною, що слугує носієм для доставлення біоактивних речовин, пробіотиків, пребіотиків у кишківник. Вони містять неперетравлювані олігосахариди, які можуть метаболізуватися мікроорганізмами. Серед бобових культур соєві боби є найбільш використовуваними в даній галузі, оскільки вони містять високоякісні білки та мінерали, а завдяки вмісту ізофлавононів можуть зменшити захворюваність на остеопороз та вплинути на менопаузу. Соеве молоко є потенційною харчовою матрицею для доставлення пробіотиків і пребіотиків, оскільки його структура може підтримувати життєздатність мікроорганізмів та захистити їх від дії шлунково-кишкового соку[56].

Овочі та фрукти є найпоширенішою немолочною сировиною, на основі якої виготовляють функціональні продукти. Використання соків для бродіння підвищує поживні та функціональні властивості напоїв, шляхом вироблення біологічно активних сполук. Це підвищує антиоксидантну здатність кишкового тракту людини, яка їх споживає, що має сприятливий вплив на здоров'я. біомолекули, присутні у фруктах і овочах, покращують життєздатність пробіотиків під час ферментації.

Поживні речовини, присутні в сировині діють як біофактори для включення мікроорганізмів завдяки своїм функціональним перевагам. Це забезпечує їх необхідними компонентами: вітамінами, мінералами, антиоксидантами та харчовими волокнами, підтримуючи їх життєздатність. Додатковою перевагою даного типу сировини є можливість використання відходів іншого виробництва[3, 57]. Однак, забезпечити виживання мікроорганізмів у фруктових та овочевих соках складніше, порівняно з ферментованими продуктами на молочній основі. Крім того, інколи під час зберігання такі продукти можуть набувати неприємного присмаку, що є неприйнятним для споживачів[54]. Попри це, дослідження показали, що різні пробіотичні штами здатні рости та виживати на стабільних рівнях у фруктових та овочевих напоях[3].

Звісно, залежно від використаної сировини, навіть в межах однієї категорії, властивості готового продукту можуть відрізнятися. У табл. 1.3 наведена детальна характеристика сировини, що поєднує п'ять основних категорій: зернові культури, бобові культури, овочі, фрукти та молоко.

Таблиця 1.3

Сировина для виготовлення функціональних ферментованих продуктів

Категорія	Сировина та її переваги	Література
Зернові	Овес – є поширеною сировиною, займає 7-ме місце у світі за кількістю вирощуваної сировини. Є багатим джерелом вуглеводів, білків, вітамінів та незамінних жирних кислот. Має високу харчову цінність, та харчові волокна з гіпоглікемічним і гіполіпідемічним ефектом, що позитивно впливають на кишківник, серцево-судинну систему та допомагає у зниженні ваги.	[58]
	Пшениця – є джерелом біоактивних сполук. Містить значну кількість поліфенолів, селену, токоферолів, збалансований мінеральний склад. Містять поліненасичені жирні кислоти, включаючи незамінні лінолеву та α -ліноленову кислоти, а також фітостероли, що можуть знижувати рівень холестерину та знижувати ризики розвитку багатьох захворювань.	[59]

	Ячмінь –багата на поживні речовини та біологічноактивні сполуки (β-глюкан, фенольні сполуки та флавоноїди). Містить значну кількість білка, вітамінів та мінералів, а також є чудовим джерелом вуглеводів. Має низький глікемічний індекс, тому чудово підходить для людей, хворих на діабет. Має значну кількість харчових волокон: 10 – 20 %, залежно від сорту, що більше, ніж у пшениці.	[60]
Бобові	Соя – є одним з основних джерел рослинного білка, фітостеролів, ізофлавонів та незамінних ПНЖК. Також є багатим джерелом харчових волокон. Вживання позитивно впливає на загальний стан організму, метаболізм глюкози, тому має антидіабетичні ефекти. Знижує ризики серцево-судинних захворювань.	[61]
	Горох – вважається чудовим джерелом білка, особливо у країнах, що розвиваються, а також у веганських стравах. Містить велику кількість білків, вуглеводів і мікроелементів. Також сировина багата на клітковину.	[62]
	Нут –джерело вуглеводів, харчових волокон, білків, незамінних амінокислот, вітамінів і мінералів, як і інші бобові. Перевагою нуту перед іншими бобовими є вищий вміст вуглеводів. Нут містить велику кількість резистентного крохмалю та амілози, дослідження довели, що вони можуть зменшити ризики високого артеріального тиску і діабету 2 типу.	[56, 63]
Овочі	Капуста – широко розповсюджена сировина в Європі. Містить в собі значну кількість вітамінів, каротиноїдів, флавоноїдів, фенольних сполук, фолієвої кислоти, поліфенольних сполук. Позитивно впливає на шлунково-кишковий тракт, травлення, імунну систему та загальне самопочуття.	[59]
	Буряк – сировина багата на вітаміни, білки, амінокислоти, жирні кислоти, фітостероли. Також є джерелом вуглеводів та клітковини, та містить багато біологічно активних фітонутрієнтів. Доведено, що ці речовини позитивно впливають на лікування різних захворювання, таких як діабет, рак, серцево-судинні захворювання, та ін.	[64]
Фрукти/ ягоди	Яблуко – на сьогодні це один з найважливіших фруктів в економічному значенні. Сировина багата на вітаміни, антиоксиданти, пектин, харчові волокна та клітковину. Вживання позитивно впливає на травлення, загальне самопочуття та серцево-судинну систему. Крім того, вона має широкі можливості використання. Окрім плодів можна використовувати яблучні вичавки, що є відходами виробництва.	[65]
	Виноград (виноградні вижимки) – доступна сировина, що входить до світової 5-ки за кількістю вирощування та виробництва. Містить багато поліфенолів, дубильних речовин, багатий на цукри. Ферментація збільшує вміст поліфенолів, які мають антиоксидантні властивості та переваги при лікуванні серцево-судинних захворювань.	[66]

	Чорниця – багата вітамінами та антиоксидантами, є одним з найбагатших джерел антоціанів серед всіх фруктів та ягід. Вживання чорниці знижує ризик захворювань на серцево-судинні хвороби, неврологічні хвороби та цукровий діабет. Ферментація підвищує вміст біологічно активних сполук, що позитивно впливають на організм.	[67]
Молочна	Молоко – містить ліпіди, білки та цукри, вітаміни, поліненасичені жирні кислоти, а також біологічно активні речовини, поживні речовини. Молоко характеризується приємними органолептичними показниками, а також гарним співвідношенням речовин у ньому. Молоко має антиоксидантні та антибактеріальні властивості, а ферментовані молочні продукти мають імуностимулюючі властивості та позитивно впливають на кишківник.	[68]

1.5. Актуальність виготовлення функціональних немолочних напоїв

Упродовж останніх десятиліть спосіб життя сучасної людини кардинально змінився. На це вплинув як стрімкий розвиток науки й технологій, так і переоцінка цінностей самих громадян. Підлаштовуючись під сучасний темп життя, люди частіше надають перевагу кар'єрним досягненням, ніж власному здоров'ю та добробуту. Це призводить до малорухливого способу життя, нерегулярного харчування, вживання швидкої їжі з малою поживною цінністю, надмірної кількості стресу і, як наслідок, до розвитку широкого спектра захворювань та погіршення психоемоційного стану[7].

В останні роки такою тенденцією глибоко стурбовані не лише лікарі та науковці у всьому світі, але й самі споживачі. Усвідомивши проблеми, викликані сучасним способом життя, та їх наслідки, що згубливо впливають на здоров'я, споживачі все частіше стають зацікавлені питаннями правильного харчування та вживання функціональних продуктів, які мають доведений позитивний вплив на організм та можуть знизити ризики розвитку певних захворювань. Вживання таких продуктів на додаток до основного, збалансованого харчування може значно покращити загальне самопочуття споживача та зробити його життя кращим. Підвищення обізнаності та зацікавленості споживачів піддержують аналітичні дані, згідно з якими за останні десять років пошукові запити в Інтернеті щодо термінів «здоров'я кишківника» та «мікробіом» зросли в 70 разів і в 10 разів відповідно[2, 7].

Також значною мірою зріс інтерес наукової спільноти до теми функціональних продуктів та напоїв (рис. 1.1). Аналіз наукових баз даних, таких як PubMed, демонструють збільшення наукових публікацій з даної тематики за останні 10 років, що підтверджує актуальність тематики та зацікавленість в новітніх розробках наукової спільноти.

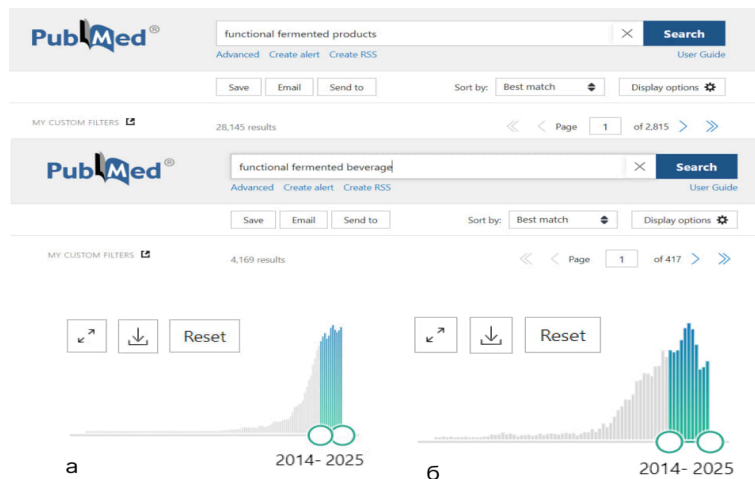


Рис 1.1. Результат пошуку в базі даних PubMed за запитом: а) функціональний ферментований продукт; б) функціональний ферментований напій.

Іншою актуальною проблемою сьогодення є велика кількість людей, що має непереносимість лактози чи інші харчові алергії та захворювання шлунково-кишкового тракту, через які вони не можуть вживати молочні ферментовані продукти. Близько 75% населення страждає на такі проблеми, як непереносимість лактози. Такі цифри дійсно вражають, оскільки виробництво рослинних ферментованих продуктів значно відстає, в порівнянні з молочною промисловістю, що займає лідируючі позиції на ринку. Це демонструє необхідність активного розвитку виробництв немолочних функціональних напоїв, наприклад на основі рослинної сировини, що могли б стати смачною та корисною альтернативою для споживачів, що не можуть споживати молочну продукцію. А також доводить актуальність даного питання не лише для українських споживачів, але й для всього світу[3].

Звісно, для прийнятності певного функціонального харчового продукту споживачами він має задовольняти їх певні потреби, мати клінічно доведену дію,

високу поживну цінність, гарні органолептичні властивості, а також зручну форму випуску. Такою формою випуску можуть бути напої, через легкість та практичність їх вживання в будь-якому місці за різних обставин, що має додаткові переваги для споживачів та комерційну цінність для виробників. Іншою перевагою функціональних напоїв є можливість легкого охолодження, що робить їх стабільними та безпечними для споживання, а також вони мають високу ефективність, як носії поживних речовин і біоактивних сполук. Серед функціональних напоїв особливу увагу привертають напої для спортсменів, оскільки завдяки формі випуску їх легко брати з собою на тренування[8]. Загалом, виробництва напоїв є великим сектором харчової промисловості у більшості країнах. Розвиток цієї галузі сприяє розвитку місцевої економіки, виробляючи продукцію з доданою вартістю, надаючи робочі місця населенню, чи сплачуючи податки[3].

Отже, враховуючи запит споживачів, їх спосіб життя, наявність таких проблем, як непереносимість лактози, харчових алергій, малорухливого способу життя та шаленої кількості щоденних задач й обов'язків, на сьогодні актуальним є виробництво функціональних ферментованих немолочних напоїв, що будуть задовольняти потреби більшої кількості споживачів щодо харчування та здоров'я, за рахунок своїх властивостей та зручної форми випуску.

РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ *SACCHAROMYCES BOULARDII* У ФЕРМЕНТОВАНИХ НАПОЯХ

2.1. Переваги використання пробіотичних дріжджів *Saccharomyces boulardii*

Фізіологічна дія *Saccharomyces boulardii*

Провівши попередній аналіз можна дійти до висновку, що пробіотичні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* є перспективним біологічним агентом для використання у виробництві функціональних напоїв, в порівнянні з іншими біологічними агентами, враховуючи їх характеристику[48]. Опис функціональних властивостей та переваги дріжджів *S. boulardii* наведені у табл.2.1.

Таблиця 2.1

Переваги використання пробіотичних дріжджів *Saccharomyces boulardii*

Дія / переваги	Опис	Літера тура
Стойкість до антибіотиків	В порівнянні з бактеріальними пробіотиками, дріжджі з пробіотичними властивостями мають ряд переваг. Однією з основних – є їх природна резистентність до антибіотиків. Саме тому він вважається пробіотичним штамом, успішно застосовується при лікуванні чи профілактиці діареї, спричиненою приймання антибіотиків. А також було доведено його пробіотичні властивості при лікуванні інфекцій, спричиненими такими бактеріями, як <i>Clostridium difficile</i> , що супроводжуються такими симптомами як серйозна діарея, підвищення температури і навіть може спровокувати розвиток раку товстої кишки.	[70]
Пробіотична дія	Виробляє біологічно активні сполуки, через що в останній час наукова спільнота все активніше проводить дослідження з його використання як пробіотика при лікуванні гострих захворювань кишківника. Особливо актуально це в наш час, коли неправильне споживання протимікробних препаратів призвело до утворення великої кількості мультирезистентних мікроорганізмів. Саме в такому випадку <i>Saccharomyces boulardii</i> чудово підходить як доповнення до основного лікування. Він є одним з найбезпечніших та ефективних пробіотиків для дітей, досліджених на сьогодні. Ефективно відновлює мікрофлору кишківника, скорочуючи терміни протікання кишкових інфекцій та ефективний при профілактиці діареї, викликані антибіотиками.	[10]

<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	
<i>Разроб.</i>	<i>Гріна А.С.</i>				
<i>Перевір.</i>	<i>Грегірчак Н.М.</i>				
<i>Консульт.</i>					
<i>Н. Контр.</i>					
<i>Затверд.</i>	<i>Стадніков В.П.</i>				
<i>Розділ 2. Використання <i>Saccharomyces boulardii</i> у ферментованих напоях</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
				34	11
<i>Кафедра БТМ</i>					
34					

Безпечність	<i>Saccharomyces boulardii</i> офіційно визнано безпечним пробіотиком, оскільки у світовій практиці клінічних досліджень не було зареєстровано негативних наслідків для здоров'я після його вживання. В тому числі <i>S. boulardii</i> є безпечним для дітей, навіть в стані гострої діареї, коли дитина має ослаблений імунітет і організм схильний до розвитку більшої кількості інфекцій.	[10]
Стійкість до несприятливих умов	<i>S. boulardii</i> здатні розвиватись в екстремальних умовах, викликаних широким спектром рН, за рахунок своєї унікальної кислотостійкості. Це допомагає їм продовжувати свою життєдіяльність навіть в середовищі де присутні жовчні кислоти, чи кишковий сік. Така стійкість є надзвичайно важливою для пробіотичного штаму, оскільки вона забезпечує проходження пробіотика через шлунково-кишковий тракт у необхідній кількості живих клітин, необхідних для його дії на організм. Товстіша стінка дріжджової клітини та відповідні реакції на стрес є ключовими факторами, що дозволяють мікроорганізму протистояти дії кислоти. Також була доведена стійкість штамів <i>S. boulardii</i> до умов травлення та до дії жовчних кислот. Це необхідна здатність пробіотичного мікроорганізму для прояву своєї функціональності. <i>S. boulardii</i> демонструє стійкість до амілази ротової порожнини; пепсину, низького рівня рН та інших умов шлункової порожнини; панкреатину та лужного середовища тонкої кишки; і попри оптимальну температуру росту для багатьох дріжджів, що становить до +30°C, <i>S. boulardii</i> здатний до активного росту при температурі тіла +37°C.	[11]
Виведення холестерину	Залежно від штаму <i>S. boulardii</i> здатність виведення холестерину коливається в межах від 41% до 96%. Виведення холестерину мікроорганізмами відбувається наступним чином: прикріплення до клітинної стінки, відновлення холестерину до корпотанолу, включення в клітинну стінку та розщеплення.	[11]
Імунна модуляція	<i>S. boulardii</i> здатний індукувати різні типи імунної відповіді, впливає як на вроджений, так і на адаптивний імунітет. До них відносять: пряму стимуляцію імунної активності; стимуляція розвитку імунних клітин; вироблення цитокінів та імуноглобулінів. <i>S. boulardii</i> здатний індукувати протизапальні реакції шляхом синтезу протизапальних цитокінів інтерлейкін 10 (IL-10). Цей процес відбувається в тканинах шлунково-кишкового тракту. Також штам здатний підвищувати кількість антитіл та підвищити імунну відповідь слизової оболонки. <i>S. boulardii</i> активізує міграцію моноцитів і гранулоцитів. Рання імунна відповідь також обумовлена дією <i>S. boulardii</i> , через що в майбутньому організм буде мати резистентність до багатьох патогенних мікроорганізмів.	[71]

Антибактеріальна та противірусна дія	Встановлені декілька основних механізмів. Даний вид дріжджів здатний пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів шляхом або прямого пригнічення цих мікроорганізмів, або маючи опосередкований вплив на них. Вони нейтралізують токсини, що виділяються певними бактеріями, за рахунок “прилипання” до них та пригнічення їх активності, а також “прилипанням” до патогенних бактерій, пригнічуючи їх розмноження та пришвидшувати виведення з організму. Знижує проникність бактерій у епітеліальні клітини кишківника споживача, що може значно знизити ризики захворюваності на такі смертельно небезпечні хвороби, як сибірська виразка. Мають дію проти поширених інфекцій, наприклад, ротавірусу. Зменшують симптоми, шляхом зниження окислювального стресу в клітинах, прискорюючи одужання.	[48, 49]
Покращення емоційного стану	Зниження рівня стресу в організмі, через кишково-мозкову вісь, шляхом впливу на клітини мозку та покращення його когнітивних функцій. Зв'язок між мікробіомом кишківника та мозком.	[72]
Антитоксична дія	Також даний штам дріжджів характеризується антитоксичною дією, мікроорганізм здатний виробляти антитіла та протеази, що розщеплює певні токсини, а також білок, який зменшує дію певного токсину.	[48]
Протиракова дія	Володіє протипухлинною активністю, що пригнічує життєздатність ракових клітин та їх проліферацію. Шляхом стимуляції експресії апоптичних білків та зниження експресії онкогенів <i>S.bouardii</i> здатний пригнічувати розвиток ракових захворювань та індукувати їх апоптоз.	[48]
Протизапальна дія	Володіє протизапальною дією та здатний знижувати запалення в шлунково-кишковому тракті. Зменшення запальних реакцій відбувається шляхом зменшення експресії прозапальних цитокінів, а також шляхом посилення протизапальних сигнальних ефектів слизової оболонки (підвищує експресію протизапальних цитокінів).	[48, 69]
Метаболічна активність	Проходячи кишковим трактом, збільшує кількість коротколанцюгових жирних кислот, що сприяє нормальній роботі товстої кишки.	[73]
Можливості використання в різних продуктах	Перевагою є можливість використання як у функціональних молочних продуктах, так і у немолочних продуктах. Це особливо актуально в нас час, коли значна частина населення не може вживати молочну продукцію та вимушена шукати альтернативні варіанти.	[11]

Біотерапевтичний потенціал та функціональна дія пробіотичних дріжджів *S. bouardii* робить їх використання значно перспективнішим порівняно з іншими видами дріжджів. А через їх стійкість та здатність виживати при несприятливих умовах шлунково-кишкового тракту без втрати активності, зумовленій особливою структурою клітинної стінки, *S. bouardii* виявляються ефективнішими, ніж бактерії,

що використовуються в пробіотичних продуктах та мають схожу фізіологічну дію на організм людини, однак зазвичай не мають такої стійкості[11].

Метаболічна особливість Saccharomyces boulardii

Крім того *S. boulardii* мають певні метаболічні особливості, зумовлені їх фенотиповими відмінностями та метаболічними адаптаціями, що відповідають за мінімальне накопичення етанолу під час збродження напою, натомість маючи підвищений синтез біомати, органічних кислот та інших метаболітів.

Останні дослідження підтвердили наявність декількох мутацій у *S. boulardii*, що впливають на підвищений рівень накопичення оцтової кислоти, яка є важливою для антимікробної дії пробіотика. Рівень накопичення ацетату у *S. boulardii* у три рази вищий за *S. cerevisiae* за однакових умов. Генетичні дослідження вказують, що гени, залучені до виробництва або споживання оцтової кислоти, є частиною метаболічних шляхів, зокрема циклу трикарбонових кислот. Фенотипова відмінність полягає у двох мутаціях *sdh1*^{F317Y} (алель присутній у двох копіях (гомозиготний)) та *whi2*^{S287*} (алель присутній в одній копії (гетерозиготний)), локалізованих у генах *SDH1* та *WHI2* відповідно. Ця мутація є одною з ключових відмінностей даного штаму дріжджів, що відповідає за зменшення рівня вироблення етанолу та, так званого, метаболічного відтоку. При цьому відбувається переправлення вуглецевого потоку, отриманого з субстрату, з основного метаболічного шляху до іншого, конкуруючого шляху. В такому випадку відбувається конкуренція за певні проміжні продукти, зокрема піруват та ацетил-КоА. Одним з можливих варіантів накопичення значної кількості оцтової кислоти є порушення окислення бурштинової кислоти до фумарової кислоти, що спричиняє дефіцит щавлевооцтової кислоти. Це призводить до порушення ініціації циклу Кребса та накопичення ацетил-КоА. Далі мітохондріальна ацетил-КоА-гідролаза призводить до продукції оцтової кислоти. Таким чином, частина вуглецевого потоку перенаправляється від синтезу етанолу та знижує його кількість[74, 75].

Також було продемонстровано, що виробництво *S. boulardii* значної кількості оцтової кислоти може спричинити кислотний стрес і, як наслідок, певну зміну в метаболічних шляхах. Дані дріжджі мають респіро-ферментативний тип

метаболізму, однак здебільшого в процесах їх життєдіяльності переважає дихальний метаболізм над ферментативним, навіть у присутності глюкози у субстраті. Також проявом зміщення метаболічних шляхів є синтез значно більшої кількості гліцерину, що є однією з регуляторних відповідей на підвищений кислотний стрес та одним з факторів, що сприяє високій толерантності до кислотного стресу [76]. Цікаво, що саме через дану особливість дріжджі *S. boulardii* проявляють кращу активність при підвищеній кислотності. Такі особливості пов'язують з еволюцією дріжджів та їх пристосуванням до умов існування, що в певній мірі є їх селективною перевагою[75].

Отже, враховуючи наведені дані можна дійти висновку, що дріжджі *S. boulardii* є перспективним мікроорганізмом для розробки функціональних ферментованих напоїв нового покоління на основі рослинної сировини. Через це останні дослідження, пов'язані з функціональними напоями ґрунтовно досліджують використання пробіотичних дріжджів *S. boulardii*, враховуючи їх метаболічні, морфологічні та фенотипові особливості, а також фізіологічну дію.

2.2. Розробки у виробництві функціональних ферментованих напоїв з використанням *Saccharomyces boulardii*

На сьогодні наукова спільнота зацікавлена у виробництві функціональних ферментованих немолочних напоїв, активно проводяться дослідження та впроваджуються нові технології у виробництво. Це обумовлено зростаючим інтересом споживачів до здорового харчування, покращення самопочуття, а також потребі в альтернативних функціональних напоях для людей, що не споживають молочну продукцію. На сьогодні існують різні розробки в цій галузі, що охоплюють дослідження виробництва функціональних напоїв для дітей, спортсменів та навіть алкогольних напоїв, що доводять можливість комерційного використання пробіотичних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* для виробництва функціональних ферментованих напоїв[6, 77]. У табл. 2.2 наведені дослідження, що проводились у різних країнах світу та були направлені на дослідження можливості використання різних штамів дріжджів *S. boulardii* у функціональних напоях.

Новітні розробки у виробництві функціональних ферментованих напоїв з використанням *Saccharomyces boulardii*

Продукт	Мікроорганізм / штаб	Опис продукту	Особливості виробництва	Література
Ячмінний напій	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>	<p>Напій виготовлений на основі ячмінного сусла з додаванням 0,4 % харчового ароматизатора з горіховим смаком та біомаси пробіотичних дріжджів штаб <i>Saccharomyces boulardii</i>.</p> <p>Отриманий напій має гарні органолептичні та сенсорні показники. Сенсорний аналіз є надзвичайно важливим, оскільки він показує сприйняття продукту споживачами, те, наскільки часто вони будуть його вживати, та визначає ймовірність його популярності на ринку.</p>	<p>Ячмінне сусло готують методом очищення відібраного ячменя та його кондиціонування. Для проростання його поміщають в інкубатор при температурі 20°C на 72 год, після чого висушують протягом 48 год при температурі 55°C, а після — подрібнюють. Для сусла змішують воду та солод у співвідношенні 1:4, готують протягом 2 год. Стерилізацію проводять в автоклаві з відповідним режимом стерилізації: 121°C, 20 хв.</p> <p>Культивування дріжджів <i>Saccharomyces boulardii</i> здійснюють в декстрозному агарі Sabougaud з хлорамфеніколом при 37°C упродовж 48 год. Після культивування відбирають пробу дріжджів масою 0,5 г та вносять в 100 мл стерильного сусла. Вирощування проводять в колбах на качалках при 105 об/хв, 37°C, протягом 56 год.</p> <p>Доведена можливість використання даного штабу мікроорганізмів для виробництва функціонального немолочного напою.</p>	[77]

Напій для спортсменів	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> SB2	Для створення функціонального напою для спортсменів використовували штам дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> SB2. Цей штам був обраний через його здатність підтримувати м'язову тканину та сприяти її відновленню, що робить його привабливим для споживачів, які ведуть активний спосіб життя. Напій виготовляли на основі комерційного порошку, який містить білки, отримані з сироватки, вітаміни та амінокислоти, що додатково забезпечують поживну цінність та функціональні переваги готового напою. Напій мав приємні органолептичні властивості, що задовільняли вподобання контрольної групи.	Для приготування напою 25 г ліофілізованого порошку розчиняли у 150 мл води, після чого розливали по пляшках. Для контролю якості напою протягом 9 днів проводили визначення життєздатності пробіотичних клітин в напої. Встановлено, що кількість клітин залишалась стабільною, що свідчить про стійкість пробіотиків в складі напою та ефективність процесу виробництва, що забезпечує стабільність корисних властивостей напою протягом тривалого часу.	[6]
Функціональний фруктовий сік	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> CNCM-I-745	Напій виготовлений зі свіжоприготованого 100% апельсинового і чорносмородинового соку. Продуцентом для ферментації є штам <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> CNCM-I-745. Після ферментації до напою додавали стевію (4 г/л) для підсолодження. Це додатково покращило сенсорні властивості готового продукту. Сенсорний аналіз мав позитивний результат. Готовий напій зберігає приємний смак та колір після ферментації, які були оцінені експертною групою як прийнятні.	Для виробництва напою, перед початком ферментації свіжоприготовані соки інокулювали розчином дріжджів із концентрацією 250 мг сухої маси клітин на літр соку. Ферментація проводилася в пляшках об'ємом 1 л, з заповненістю 250 мл. Ферментацію проводили при температурі 29 ± 1 °C протягом 7 діб. На 8-му добу здійснювався відбір зразків для сенсорного аналізу. А також додавали стевію. Вибір на користь стевії, як підсолоджувача, був обумовлений тим, що він не змінює інших сенсорних властивостей продукту, на відміну від інших підсолоджувачів.	[78]

Напій на основі яблучного субстрату	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>	<p>Напій виготовляється на основі яблучного пюре, ферментованого дріжджами <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>. Для цього до сировини додають активовану біомасу дріжджів. Початковий рівень мікроорганізмів у продукті становить близько 6 log КУО/мл. Для оптимізації ферментації та покращення властивостей готово напою використовуються ферменти пектиназа та целюлаза.</p> <p>Напій мав прийнятні структурні та органолептичні властивості.</p>	<p>Культуру <i>Saccharomyces boulardii</i> отримували з ліофілізованої форми комерційного продукту Floratil® Merck SA Brazil) та реактивували в 50 мл бульйону YPD (склад бульйону: дріжджовий екстракт 10 г/л; бактеріологічний пептон, 20 г/л; декстроза, 20 г/л), який попередньо стерилізували в автоклаві (режим стерилізації: 121 °C протягом 20 хв). Після чого дріжджі підтримували при 30 °C 120 об/хв протягом 24 годин на ротаційному шейкері-інкубаторі. Після інокуляції для відділення біомаси, культуральну рідину центрифугували при 3000 об/хв, протягом 15 хв.</p> <p>Попередньо підготовлене яблучне пюре (яблучну м'якоть) стерилізували при 80 °C, протягом 20 хв та давали вистигнути. Поміщали в колби об'ємом 100 г та вносили біомасу дріжджів. Початковий підрахунок становив близько 6 log КУО/мл.</p> <p>Найкраще накопичення біомаси спостерігалось при температурі 27,5 °C, концентрація пектинази 20 мкл/100 г і концентрація целюлази 8 мкл/100 г.</p>	[79]
-------------------------------------	---	---	--	------

Зелений чай	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> CNCM I-745	<p>Ферментований чайний напій на основі зеленого чаю із пробіотичними дріжджами <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> CNCM I-745.</p> <p>Під час ферментації напій набуває вираженого фруктового аромату, однак менш вираженого аромат саме зеленого чаю. Це пояснюється виробництвом 2-фенілетанолу, бензилового спирту та етилоктаноату під час ферментації, які надавали б фруктовий аромат. Також під час бродіння посилюється м'ятний аромат, що викликано синтезом метилсаліцилату.</p> <p>Сенсорний аналіз вказує, що напій збагачується складним ароматичним профілем, що впливає на смак. Однак, більшість ароматичних сполук є леткими, тому при зберіганні чаю при кімнатній температурі, вони втрачаються. Тому це варто враховувати при виборі умов зберігання готового напою.</p>	<p>Для отримання чайного настою, що є основою для виготовлення ферментованого продукту, листя зеленого чаю (5% мас.) додавали до гарячої води (95 °C) і настоювали протягом 10 хв, після чого фільтрували. До настою додавали 0,5% глюкози та 0,06% дріжджового екстракту, після чого стерилізували при 121 °C протягом 15 хв. Готовий настій інокулювали дріжджами <i>S. boulardii</i> CNCM I-745. Початкова концентрація клітин становила 6 log КУО/мл. Ферментація складалась з двох стадій: на першому етапі вона відбувалась при температурі 30 °C протягом 2 днів, а потім при 25 °C, протягом 85 днів.</p> <p>Таке тривале бродіння сприяло утворення ферментованого чайного напою з приємним сенсорним профілем, за рахунок утворення специфічних ароматичних сполук, які посилюють фруктовий та м'ятний смак напою.</p>	[80]
-------------	--	---	--	------

Пиво	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> СЕСТ 1474	<p>Ферментований алкогольний напій на основі сусла, виготовлений з використанням дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> СЕСТ 1474 має ряд функціональних властивостей, а також гарні органолептичні властивості.</p> <p>Готовий напій володіє вищою антиоксидантною активністю, нижчим вмістом алкоголю, а також вищим вмістом життєздатних клітин через 45 днів після ферментації, в порівнянні зі звичайним пивом, що виготовляється з використанням традиційних комерційних дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i>. Також виготовлене пиво мало більшу кількість клітин <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> в готовому продукті.</p>	<p>Для приготування напою дріжджі спочатку були суспендовані в дистильованій воді. Після чого їх висівали на тверде поживне середовище Sabouraud Agar із хлорамфеніколом, для вирощування в чашках Петрі при температурі 37 °С. Після цього культивування відбувалось в дріжджовому бульйоні з пептон-декстрозою (YPD) в орбітальному шейкер-інкубаторі протягом 48 год при 37 °С.</p> <p>Попередньо приготоване сусло інокулювали 5 мл чистої дріжджової культури з концентрацією 8×10^6 клітин/мл. Подальша ферментація відбувалась в ферментері, в анаеробних умовах при температурі 24 ± 1 °С, протягом 9 днів.</p>	[81]
------	---	---	--	------

Отже, в останні роки було проведено численні дослідження, спрямовані на вивчення можливості використання різних штамів пробіотичних дріжджів *S. boulardii* для виробництва функціональних ферментованих напоїв. Науковці розглядають різні можливості біотехнологічного застосування даних дріжджів, тому постійно з'являються нові дослідження, що включають удосконалення та оптимізацію різних аспектів їх ферментації та подальшого використання в готовому продукті. Так, було досліджено оптимізацію умов їх ферментації, більшість дослідників у своїх наукових працях дійшли висновку, що ферментація при 30-37°C є оптимальною, при якій спостерігається найвищий вихід біомаси[77–81]. Також науковці досліджують різні варіанти поживних середовищ що можуть бути використані для ферментації, однак значна частина з них описує схожі за своїм складом поживні середовища, що використовуються для реактивації дріжджової біомаси. Зазвичай такі середовища містять у своєму складі пептон та декстрозу[77, 79, 81]. Окрім цього досліджується оптимізація й інших параметрів культивування, таких як рівень рН та час культивування. Це дозволяє отримувати біомасу пробіотичних дріжджів, що зберігає свою високу пробіотичну активність у напоях, а також покращує властивості готового продукту та термін його зберігання[78].

Крім того, для виготовлення функціональних ферментованих напоїв з додаванням дріжджів *S. boulardii*, можна використовувати різну рослинну сировину, що тільки розширює межі досліджень в цій області. Окрім класичних основ для ферментації, якими є фруктовий та овочевий соки, ефективним також є використання зернових культур, рослинних екстрактів, настоїв та навіть сула, для виробництва алкогольного напою. Такі напої мають прийнятні сенсорні та органолептичні властивості, функціональну дію, тривалий термін зберігання, зручну форму випуску, а також вони задовольняють потреби споживачів, що не можуть споживати молочні продукти з певних причин[6, 77].

Все це робить *S. boulardii* перспективним біологічним агентом в новітніх розробках напоїв, що мають доведені функціональні властивості, стійкість та приємні смакові властивості, через що можуть мати високий попит та ринковий потенціал, оскільки вони задовільняють потреби широкого кола споживачів[6].

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1. Характеристика біотехнологічного продукту

Цільовим продуктом є немолочний функціональний ферментований напій на основі рослинної сировини з додаванням пробіотичних дріжджів *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796. Напій поставляється у спожитковій тарі для реалізування в торгівельній мережі. Призначений для роздрібно́ї торгівлі.

Функціональний ферментований напій є готовим біологічно цінним напоєм призначеним для профілактичного харчування, підтримання здорової мікробіоти кишківника та здоров'я шлунково-кишкового тракту. Рекомендується вживання для профілактики чи під час лікування діареї, включно з діареєю, викликаною антибіотикотерапією, порушення мікробіоти кишківника, синдрому подразненого кишківника, чи інших запальних захворювань кишківника. Вживання пробіотичних дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796 сприяє відновленню кишкового бар'єра, має пробіотичну, протизапальну, противірусну, антимікробну та імуномодулюючу дію[1].

Об'єм пляшки – 100 мл (10^8 КУО/мл).

Склад: сік яблучний, культура дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796.

Термін зберігання готового напою: 21 доба, при температурі +4°C.

Готовий напій має відповідати встановленим органолептичним вимогам, згідно з ДСТУ 4069:2016, зазначеним в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Органолептичні показники функціонального ферментованого напою

Назва показника	Характеристика (нефільтрований неосвітлений напій)
Зовнішній вигляд	Непрозора піниста рідина. Допускають осад, обумовлений особливостями використаної сировини та способом приготування напою, без сторонніх включень не властивих продукту

					<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Гріна А.С.</i>				<i>Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Грегірчак Н.М.</i>						45	26
<i>Консульт.</i>						<i>Кафедра БТМ</i>		
<i>Н. Контр.</i>						45		
<i>Затверд.</i>	<i>Стадніков В.П.</i>							

Смак і аромат	Освіжаючий кисло-солодкий смак. Смак та аромат зброженого напою, який відповідає смаку та аромату використаної яблучної сировини. Допускають дріжджовий смак та аромат.
Колір	Обумовлений кольором використаної яблучної сировини.

За фізико-хімічними показниками готовий напій має відповідати вимогам, встановленим у ДСТУ 4069:2016 та зазначеним у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники функціонального ферментованого напою

Назва показника	Значення показника
Масова частка сухих речовин, %	не менше 3,5
Об'ємна частка спирту, %, не більше	1,2
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	від 1,5 до 7,0
Масова частка діоксиду вуглецю, %	не менше 0,30
Кількість дріжджових клітин для неосвітлених напоїв	не більше ніж 10 млн. кл./см ³

Значення допустимих відхилень фізико-хімічних показників готового напою також регламентовані згідно з ДСТУ 4069:2016 та мають відповідати вимогам, зазначеним в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення допустимих відхилень фізико-хімічних показників функціонального ферментованого напою

Назва показника	Допустимі відхилення, не більше
Масова частка сухих речовин, %	± 0,3
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	± 0,3
Примітка. В торговельній мережі для ферментованих напоїв допускають зниження масової частки сухих речовин від 1,0 % до 1,6 %.	

Окрім того, готовий напій має відповідати вимогам державних стандартів, щодо його безпечності. Дані вимоги наведені у табл. 3.4. та відповідають ДСТУ 4069:2016

Таблиця 3.4

Вимоги щодо безпеки готового напою

Назва показника	Норма, мг/кг
Свинець	0,4
Кадмій	0,03
Ртуть	0,02
Цинк	10,0
Мідь	5,0
Миш'як	0,2
Мікотоксин патулін (згідно з ДСТУ 4947:2008)	0,05

Для отримання готового напою, що відповідає всім необхідним вимогам, одну з головних ролей відіграє сировина, що використовується для виробництва. Вона має відповідати вимогам, встановленим у відповідних технічних документах та стандартах.

До складу готового напою входить: вода, яблука, цукор, культура дріжджів *S. boulardii* (в концентрації 10^8 КУО/мл), лимонна кислота для регуляції кислотності. Вимоги до сировини, що використовується для виробництва ферментованого напою наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Вимоги до використаної сировини

Назва сировини	Назва показника	Вимоги	Стандарт
Вода питна	Зовнішній вигляд, аромат та смак	Вода має мати сприятливі органолептичні властивості, без сторонніх домішок, присмаку чи аромату.	ДСанПіН 2.2.4-171-10
	Епідемічні показники	Відсутність: загальні коліформи, <i>E.coli</i> , ентерококи, патогенні ентеробактерії, коліфаги, патогенні кишкові найпростіші, ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші, кишкові гельмінти.	

Яблука	1 сорт	2 сорт	
Зовнішній вигляд	Плоди здорові, цілі, чисті, свіжі, неушкоджені сільськогосподарськими шкідниками, розвинуті, без механічних ушкоджень, типового розміру, форми, ваги, забарвлення.		ДСТУ 4069:2016
		Дозволені плоди нетипічні за розміру чи забарвлення для даного помологічного сорту	
	Аромат та смак	Притаманні даному помологічному сорту, без стороннього запаху та присмаку.	
Ступінь стиглості	Технічна, дозволена споживацька. Плоди однорідні за ступенем стиглості		
Масова частка розчинених речовин у соках плодів, % не менше ніж – для яблук ранніх та середніх термінів зберігання – для яблук пізніх термінів дозрівання	10 12	9 11	ДСТУ 4069:2016
Масова концентрація цукрів, у перерахунку на інвертний, г/дм ³ , не менше ніж	75	70	ДСТУ 4112.5
Масова концентрація титрованих кислот, у перерахунку на яблучну кислоту, г/дм ³ , не менше ніж	4	3	ДСТУ 4112.13
Розмір плодів за найбільшим поперечним діаметром, см, не менше ніж	6	не нормується	ДСТУ 4069:2016

Закінчення табл. 3.5

Яблука	Сітка на плодах	не дозволено	не обмежується	ДСТУ 4069:2016
	Натиски, чи інші пошкодження загальною площею, см, не більше ніж	3 см ² , зокрема е більше як 3 плями парші діаметром е більше ніж 0,3 см	¼ поверхні плода, зокрема плями парші загальною площею не більше ніж ⅛ поверхні плода	
	Зарубцьовані проколи	не дозволено	не обмежуються	
	Кількість плодів зі свіжими проколами, %, не більше ніж	не дозволено	10	
	Кількість плодів з -2 засохшими пошкодженнями плодожеркою, % не більше ніж	2	10	
Цукор	Зовнішній вигляд	Білого кольору, чистий без плям і сторонніх домішок, сипкий, допускають грудочки, що розпадаються у разі легкого натискання.		ДСТУ 4623:2023

Відповідно до морфології, клітини дріжджів *S. boulardii* є овальної чи кулястої форми, 2–3 мкм завширшки та 2,5–10,5 мкм завдовжки. Вони володіють пробіотичною, антибактеріальною, противірусною та імунною дією, при цьому маючи високу толерантність до секреції шлунково-кишкового тракту. У табл. 3.6 наведено сучасне таксономічне положення дріжджів *S. boulardii*[70, 83].

Таблиця 3.6

Таксономічне положення *S. boulardii*

Домен	<i>Eukaryota</i>
Королівство	<i>Fungi</i>
Підцарство	<i>Dikarya</i>
Тип	<i>Ascomycota</i>
Підтип	<i>Saccharomycotina</i>
Клас	<i>Saccharomycetes</i>
Порядок	<i>Saccharomycetales</i>

Сім'я	<i>Saccharomycetaceae</i>
Рід	<i>Saccharomyces</i>
Вид	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Штам	<i>Saccharomyces cerevisiae var. boulardii</i>

3.2. Огляд ринку цільової (аналогічної) продукції

Останніми роками спостерігається значне підвищення інтересу споживачів до питань здорового харчування та вживання продуктів з високою поживною цінністю, що безпосередньо пов'язане з сучасним способом життя та проблеми, викликані ним. Через це значна частина населення змінює спосіб свого життя, харчові звички та підвищує свою обізнаність в питаннях здоров'я, обираючи збалансоване харчування, вживання функціональних продуктів, чи переходячи до веганства. Крім того, Всесвітня організація охорони здоров'я неодноразово наголошувала на користі для здоров'я функціональних продуктів, що також сприяло зацікавленості споживачів та швидкому розвитку ринку функціональних продуктів й виникненню нових виробників, що прагнуть забезпечити потреби споживачів[84].

Ринок функціональних ферментованих напоїв є одним з найбільших та найбільш стрімко зростаючих сегментів світового ринку функціональних ферментованих продуктів. Це пов'язано з перевагами як для виробників, що дозволяє, наприклад, використовувати широкий спектр сировини для виробництва готової продукції, так і для споживачів, оскільки формат напою є зручним та зрозумілим для більшості з них. Український ринок функціональних ферментованих напоїв також розвивається, що помітно з кількості нових виробників напоїв[85].

Одним з найпривабливіших функціональних ферментованих напоїв на основі рослинної сировини для українських споживачів є комбуча. На сьогодні її можна знайти на полицях супермаркетів, у кафе, чи замовити в Інтернеті. Найпоширенішими виробниками є Jiva, Green Chef, Eat Easy та Spraga[86–89]. У табл. 3.7 наведене порівняння напою комбуча різних виробників, представлених на ринку України.

Основні виробники напою Комбуча, представленні на ринку України

Виробник	Назва напою	Склад	Пакування	Об'єм, л	Вартість, грн/л
Jiva КОМБУЧА	Комбуча Оріджінал	Вода питна підготовлена, цукор, чай зелений, чай чорний, діоксид вуглецю, культура чайного гриба.	Скляні пляшки об'ємом 0,33 л	0,33	207
Green Chef	Комбуча original	Вода очищена, цукор білий кристалічний (для бродіння), чорний чай, симбіотична культура комбуча.	Скляні пляшки об'ємом 0,25 л	0,25	344
Eat Easy	Комбуча	Вода питна підготовлена, чорний чай, симбіотична культура бактерій, буряковий цукор.	Скляні пляшки об'ємом 0,33 л	0,33	227
Spraga	Напій традиційна Комбуча	Вода очищена, чай зелений, чай чорний, білий цукор, натуральний ароматизатор, симбіотична культура бактерій SCOBY для ферментації.	Жестяні банки об'ємом 0,33 л	0,33	170

Іншим популярним ферментованим напоєм є водний кефір. Одним з виробників даного напою є Seeds bank, який виробляє ферментовані напої різних смаків. До складу класичного водного кефіру входить вода, цукор та культура тібікоз. А також, залежно від смаку обраного напою, до складу може входити матча, лаванда, лайм, лимон, чи родзинки[90].

Квас є традиційним та звичним для нас ферментованим напоєм, саме тому на ринку України представлена значна частина його виробників. До них відносяться як великі компанії, так і крафтові виробники. Відомими всім виробниками квасу є Ярило, Квас Тарас та Львівський квас. До їх складу входить: вода питна, сироп глюкозно-фруктозний, ячмінь, солод житній, солод ячмінний світлий, концентрат квасного суслу, дріжджі[91].

Яблучний сидр є популярним слабоалкогольним (до 5% об.) або безалкогольним напоєм в нашій країні. Загалом, вміст спирту в алкогольному сидрі

може коливатись від 1,2% до 8%, залежно від виробника та технології. Сидр виготовляють з різних сортів яблук в різних країнах. Найбільшими країнами-виробниками сидру в Європі є Франція, Німеччина, Італія та Ірландія. Споживання сидру в Європі становить близько 60% від загального світового споживання цього напою. Виготовлення сидру включає в себе три основні етапи: подрібнення яблук, віджимання з них соку та ферментацію. При правильній технології виробництва готовий напій буде мати в собі ряд корисних вітамінів, фенольних сполук, кислот, та інших мікроелементів. Саме тому важливо надавати перевагу сидрам, приготованим за традиційними рецептами. У таких напоях невелика кількість складників, а також короткий термін зберігання. На сьогодні існує велика кількість рецептів, по яким можливо приготувати якісний продукт навіть в домашніх умовах[92].

Основними комерційними виробниками яблучного сидру, що представлені на українському ринку, є Somersby та Cidre Royal[93].

Іншим корисним продуктом, який останнім часом є досить популярним в раціоні сучасних споживачів – є яблучний оцет. З давніх часів у країнах Західної Європи яблучний оцет вважався функціональним безалкогольним напоєм. Мінімальна допустима межа кислотності 4% (w/v) оцтової кислоти. За традиційною технологією оцет виготовляється з подрібнених яблук, які потім ферментуються та залишають дозрівати в дерев'яних бочках на 5–6 місяці[94].

Загалом, на світовому ринку представлені різні ферментовані напої на основі яблучного соку, які володіють різною фізіологічною дією. Окрім цього, на сьогодні проводять значну кількість досліджень, що направлені на розробку нових ферментованих напоїв на основі даної сировини, оскільки значна кількість дослідників відзначають її як перспективну сировину. У табл. 3.8 представлені деякі з них.

Ферментовані напої на основі яблучного соку

Напій	Сировина	Культура	Фізіологічна дія / споживачі	Умови зберігання	Література
Комбуча з яблучним соком Pink Lady Apple (Health-Ade)	Органічна комбуча, концентрат яблучного соку, яблучна есенція, жива активна культура	<i>Bacillus coagulans</i>	Пробіотична дія, підтримка мікробіоти кишківника, антиоксидантна дія, протизапальна дія, покращення імунітету та загального стану організму. - Коло споживачів необмежене. Напій можна споживати на щоденній основі, як корисну альтернативу газованим напоям.	За температур и від +2 °С до +6 °С.	[95]
Органічний яблучний сидр	Вода підготовлена, сік яблучний концентрований, сироп глюкозно-фруктозний,	<i>Saccharomyces bayanus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> і <i>Oenococcus oeni</i>	При помірному споживанні має: антиоксидантну дію, протівірусну дію, позитивний вплив на серцево-судинну систему та обмінні процеси в організмі. - Вживання алкогольних сидрів не рекомендується людям до 18 років.	За температур и від +5°С до +8°С	[92]
Ферментований яблучний сік Gala	Яблучний сік, LAB	LAB (<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> та <i>Lactobacillus plantarum</i>)	Пробіотична дія, імуномодулюючий ефект, антиоксидантна дія, зниження рівня глюкози в крові. - Всі групи населення.	За температур и до +8°С в темному місці	[94]
Яблучний оцет De Nigris	Органічний яблучний оцет	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Acetobacter aceti</i>	Антибактеріальні, протигрибкові, антиоксидантні властивості, зменшення рівня цукру в крові, послаблення окиснюваного стресу, покращення травлення, зниження ризику ожиріння. Підходить для всіх споживачів. Рекомендується вживати розводячи 2 ч.л. на 1 склянку води.	В темному, сухому, недоступному для дітей місці	[94, 96]

З кожним роком зростає кількість наукових досліджень щодо розробки ферментованих продуктів за використання перспективних штамів пробіотичних дріжджів *S. boulardii*. У табл. 3.9 представлені розроблені функціональні напої, з використанням даних дріжджів.

Таблиця 3.9

Ферментовані напої з пробіотичними дріжджами *S. boulardii*

Продукт	Склад	Концентрація клітин	Фізіологічна дія	Умови зберігання	Література
Ферментований сік лічі	Сік лічі, вода питна, лимонна кислота, <i>S. boulardii</i> CNCM I-745	4×10^7 КУО/л	Поліпшення травлення, покращення кишкової мікрофлори, імуномодуюча, антимікробна, протизапальна, антиоксидантна дія. – На добу рекомендується вживати мінімум від 10^6 КУО до 10^9 КУО. Отже, на добу рекомендується вживати 1 л напою	До 7ми днів, при температурі від $+4$ °C до $+8$ °C.	[97]
Ферментований горіховий напій	Напій на основі ячмінного суслу, горіховий ароматизатор, <i>S. boulardii</i> NPB10	10^9 КУО/мл	Є джерелом пребіотиків та олігосахаридів, має пробіотичну дію, підтримує імунну систему, покращує травлення, регулює рівень цукру в крові. – Коло споживачів необмежене.	При температурі від $+3$ °C до $+7$ °C.	[77]
Ферментоване яблучне пюре	Яблучне пюре, аскорбінова кислота, <i>S. boulardii</i>	$2,2 \times 10^8$ КУО/мл	Продукт є джерелом пребіотиків, підтримує роботу шлунково-кишкового тракту та імунної системи.	—	[79]

Йогурт	Коров'яче молоко, закваска культури йогурту (LAB), <i>S. boulardii</i> CNCM I-745 та + 1% пребіотичний інουλін	<i>S. boulardii</i> – 10 ⁸ КУО/г LAB – 2 × 10 ⁸ КУО/г	Синбіотичний йогурт з включенням <i>S. boulardii</i> має пробіотичні властивості, є джерелом пребіотиків (інουλін є одним з найпоширеніших пребіотиків), підтримую шлунково-кишковий тракт. Має нижчий вміст жиру, тому рекомендується для споживачів, що прагнуть знизити споживання жиру	До 28 діб, при температурі + 4 °С	[98]
--------	--	--	---	-----------------------------------	------

Розглядаючи питання зростання ринку ферментованих напоїв в Україні, масштаби їх виробництва та популярність ферментованих, в тому числі й функціональних, напоїв серед українських споживачів, неможливо не врахувати істотний вплив повномасштабного вторгнення на розвиток даної галузі. Так у 2021 році дохід ринку безалкогольних напоїв становив 90 млрд гривень (3,3 млрд доларів США), а у 2022 році спостерігалось його значне скорочення, однак, офіційна статистика наразі не відома. Це було викликано перебоями ланцюгів постачання, скорочення споживчого попиту та платоспроможності населення, що безпосередньо пов'язані з війною. Однак, за декілька років спостерігається стрімке відновлення виробництва та його поступове повернення до довоєнних обсягів. На 2025 рік експерти прогнозують зростання доходу до 2,41 млрд доларів США, відновлення потужностей виробництва, ланцюгів постачання та потужностей з виготовлення пакувальних матеріалів[99]. Оскільки у 2022 році частина масштабних підприємств, що виробляли значну кількість пакувальних матеріалів, включаючи пляшки для розливу напоїв, зазнали руйнувань чи призупинили свою роботу з міркувань безпеки, це також мало свій вплив на харчову промисловість. Наприклад український скляний завод Vetropack, що знаходиться в Гостомелі, зазнав серйозних руйнувань, а «Карпатнафтохім», найбільший ПЕТ завод України, призупинив свою роботу, як і значна частина інших регіональних виробників з міркувань безпеки та через проблеми постачання сировини [100].

Прослідкувати тенденцію вживання кількості ферментованих напоїв в Україні, за відсутності актуальної офіційної статистики їх виробництва та вживання, можливо опираючись на статистику по певним категоріям напоїв, або зважаючи на світові тенденції. Згідно з останніми офіційними даними Служби статистики України, у 2021 році валове виробництво молочних ферментованих напоїв становило близько 17 367 000 л/рік[101]. Виробництво ферментованих напоїв на основі рослинної сировини та їх об'єми залежать безпосередньо від продукту. Наприклад, квас є одним з найпопулярніших та доступніших безалкогольних ферментованих напоїв на основі рослинної сировини. На 2025 рік експертами прогнозовано виробництво квасу об'ємом 60–70% від довоєнного рівня[99]. В той час як ринок комбучі залишається на довоєнному рівні та продовжує щорічно зростати на 5%, про що свідчить попит споживачів та поява на ринку нових компаній [102].

Світовий ринок ферментованих напоїв на 2024 рік оцінювався у 951,2 млрд доларів США, з прогнозованим зростанням на 6,2% щорічно, що до 2034 рік досягне 1,7 трильйона доларів США[103]. Ринок пробіотичних напоїв у 2024 році сягав 13 мільярдів доларів, з прогнозованим щорічним зростанням на 9,1%. При цьому більшу частку ринку пробіотичних, а також функціональних напоїв (загальна вартість якого на 2025 рік прогнозується у 182,2 млрд доларів США) все ще займають напої на основі молочної сировини[104].

На сьогодні розмір світового ринку немолочних ферментованих безалкогольних напоїв оцінюється у 3,98 мільярда доларів. До 2034 року прогнозується його зростання до 5,05 мільярда доларів, тобто на 6,1% щорічно. Тенденція зростання також притаманна й Україні, що слідує світовим тенденціям, а також поступово відновлює, розвиває та вдосконалює виробництво немолочних ферментованих напоїв в останні роки[82].

Отже, проаналізувавши український ринок ферментованих напоїв, ми бачимо, що на ньому представлені певні функціональні ферментовані напої на основі рослинної сировини, що мають популярність серед споживачів, через їх привабливий смак та корисні властивості. Це свідчить про актуальність виробництва таких напоїв. Однак, більша частина українських виробників все ще орієнтує своє

виробництво саме на ферментовані напої, такі як сидр, пиво, чи квас, через їх зрозумілість пересічному споживачу, який здебільшого надає перевагу відомому йому напою, на відміну від чогось нового, навіть якщо новий продукт має привабливі органолептичні властивості та значну користь для здоров'я. Враховуючи це, на ринку представлена незначна кількість функціональних напоїв на основі рослинної сировини. І навіть зі зростанням попиту споживачів, конкуренція на цьому ринку залишається незначною. Саме тому, на сьогодні, виробництво таких напоїв залишається настільки ж актуальним, як і підвищення обізнаності споживачів щодо їх переваг, в порівнянні з іншими напоями, проводячи просвітницьку роботу через комунікаційні засоби.

За глобальними статистичними даними в найближчі роки прогнозується стрімке зростання ринку пробіотиків, в тому числі й у форматі функціональних ферментованих напоїв. Очікується, що до 2029 року світовий ринок пробіотичних препаратів досягне 105,7 мільярда доларів США, що майже на 50% більше, ніж 71,2 мільярда доларів США у 2024 році. Середній рівень зростання очікується на межі 8,2% (Рис.3.1)[105].

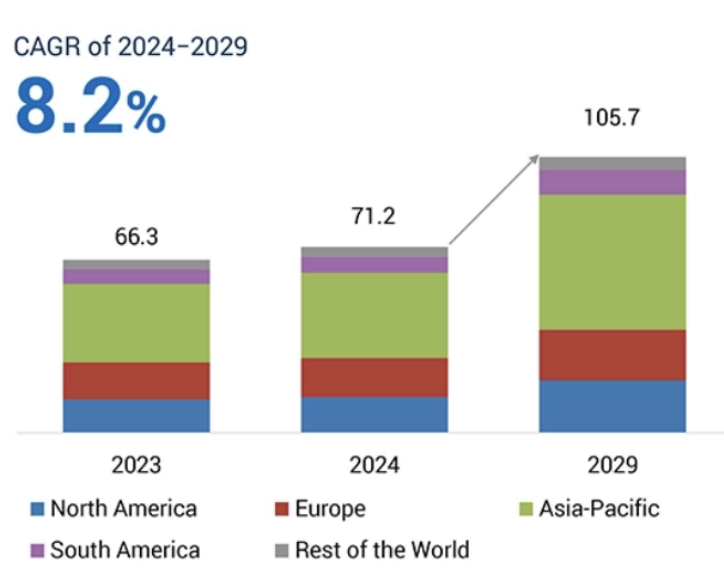


Рис. 3.1 Прогнози зростання світового ринку пробіотичних препаратів на 2029-й рік [105]

Також відзначається, що світовий ринок продукції на основі пробіотичної культури *Saccharomyces boulardii* стрімко зростає. До 2031 року очікується

зростання до 11,19 мільярда доларів США, у порівнянні з 7,15 мільярда доларів США у 2024 році. Середній рівень зростання становить 6,6% (Рис. 3.2). Це пов'язано з підвищенням загального попиту на пробіотичні продукти через підвищення кількості розладів роботи шлунково-кишкового тракту, випадків діареї, порушення мікробіоти кишківника, чи запальних захворювань кишківника. А також через збільшення кількості досліджень, пов'язаних з використанням *S. boulardii* та ознайомлення споживачів з даним мікроорганізмом та його перевагами, що сприяло збільшенню попиту на препарати та добавки[4].

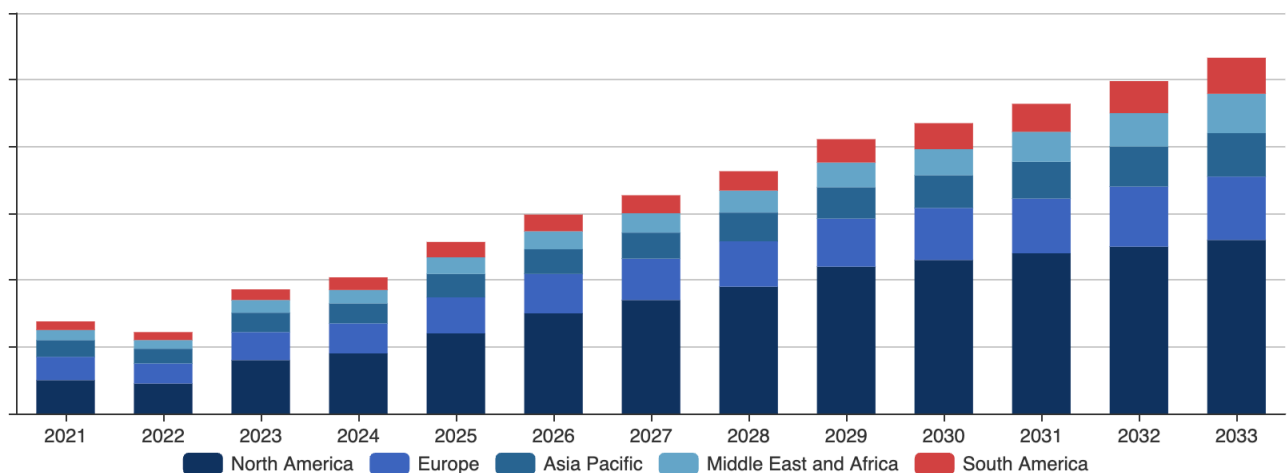


Рис. 3.2. Частка ринку *Saccharomyces boulardii* (%) за регіонами (2021-2033)
[4]

У табл. 3.10 зазначено ринковий дохід від продажів *S. boulardii* по регіонах на 2024 рік, з прогнозованим темпом зростання (CAGR)[4].

Таблиця 3.10

Розмір ринку *S. boulardii* по регіонах та CAGR

Ринковий дохід від продажів <i>S. boulardii</i> – Регіон	2024 рік, \$	CAGR, %
Північна Америка	2861,84	4,8
Південна Америка	357,73	6
Європа	2146,38	5,1
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	1645,56	8,6
Близький схід	143,09	6,3
Глобальний ринковий дохід	7154,6 млн	6,6

3.3. Розрахунок річної потужності виробництва

Для виробництва функціональних ферментованих напоїв можна використовувати різну рослинну сировину. Як було попередньо досліджено, бобові, фрукти та овочі є одними з найбільш відповідних типів сировини для виробництва даних напоїв. Тому існує значна кількість продуктів на основі рослинної сировини, які можна виготовляти з використанням пробіотичних дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796. Серед них ферментовані функціональні напої, безалкогольне пиво, ферментовані соку, ферментоване фруктове пюре, та ін. Все це дозволяє виробляти ліофілізовану біомасу *S. boulardii* не лише для подальшого виготовлення ферментованого функціонального напою на основі яблучної сировини, що є перспективною рослинною сировиною для даної продукції, а й також використовувати її для виробництва ряду інших продуктів, що може збільшити об'єм виробництва біомаси[74].

Отже, яблука є гарною сировиною для виробництва даного напою, оскільки вони мають необхідну поживну цінність та відповідний біохімічний склад, через що є гарним субстратом для ферментації, а також в даній сировині міститься значна кількість харчових волокон, які додатково захищають клітини мікроорганізмів від дії несприятливих факторів шлунково-кишкового тракту[99].

Яблука належать до роду *Malus* сімейства *Rosaceae* і, на сьогодні, у світі налічуються тисячі сортів цього фрукту. Згідно з даними Продовольчої сільськогосподарської організації (FAO), яблуко є одним з найбільш важливих фруктів, що вирощується у всьому світі в значних масштабах. Світова площа насаджень яблучних дерев сягає близько 5 млн га[65]. В Україні, згідно з даними Державної служби статистики України, площа багаторічних насаджень яблуневих дерев сягає 83 тис га[106]. Це близько 45% від загальної площі насаджень плодово-ягідних культур та понад 85% від загальної площі насаджень зерняткових культур, до яких відносять яблука. При цьому валове виробництво яблук залишається стабільно високим, та становить близько 1175 тис. т на рік, при врожайності близько 154,8 ц/га. При цьому в Вінницькій, Хмельницькій, Закарпатській та Чернівецькій областях вирощується понад половина загального

об'єму яблук[107]. При цьому на перероблення йде близько половини всіх яблук, що вирощуються. Наприклад, середнє споживання фруктових соків в Україні становить близько 8 л в рік на душу населення, в той час, як в Європі цей показник досягає значення 18 л на рік[108].

В середньому, при виробництві яблучного соку методом прямого віджиму, тобто зі свіжих фруктів, можна отримати близько 750 мл соку[109].

Згідно з рекомендацією ВООЗ, на добу, в середньому, рекомендується вживати мінімум 10^9 КУО дріжджів *S. boulardii*. В функціональних напоях концентрація має становити від 10^6 КУО до 10^9 КУО/мл дріжджів *S. boulardii* для отримання певної фізіологічної дії та користі для здоров'я[97].

При виробництві функціонального ферментованого напою одним з головних факторів, що впливає на фізіологічну дію та стабільність готового напою, є обраний штам біологічного агента. До характеристик перспективних штамів належать висока продуктивність, мікробіологічна стабільність та здатність до швидкого накопичення біомаси. Так, на мікробіологічну стабільність *S. boulardii* у ферментованих напоях впливають: температура ферментації, пастеризації чи зберігання; рН середовища; концентрація етанолу під час бродіння; використання захисного середовища та добавок під час ферментації; умови зберігання; початкова концентрація клітин; спільна ферментація, наприклад з молочнокислими бактеріями. У табл. 3.11 наведені основні фактори, що впливають на мікробіологічну стабільність напою, та оптимальні умови для забезпечення найвищої стабільності.

Таблиця 3.11

Фактори, що впливають на стабільність готового напою

Фактор	Оптимальний діапазон	Література
Температура ферментації	Оптимальна температура ферментації при 30 – 37°C	[110]
Температура пастеризації	Пастеризація (за необхідності) при $\leq 60^\circ\text{C}$	[110]

Температура зберігання	+4°C ± 1°C	[97]
Умови зберігання	В охолодженому стані, при температурі +4°C, в темному місці. Оптимальний термін зберігання до 28 діб.	[97]
pH	Оптимальне значення для ферментації: pH 4,5 – 6,5, що відповідає кислотності яблучного соку. Однак витримують підвищену кислотність (шлунково-кишкового тракту).	[110, 111]
Концентрація етанолу	Зберігає свою життєдіяльність та оптимальне накопичення біомаси при вмісті етанолу до 11% об.	[110]
Спільна ферментація	Ферментація <i>S. boulardii</i> з молочнокислими бактеріями може підвищити вихід біомаси дріжджів та збільшити їх стабільність	[97]

Було досліджено, що для виробництва безалкогольних ферментованих напоїв, в яких вміст етанолу становить до 1,2% об., можуть використовуватись модифіковані штами дріжджів *S. boulardii*, які продукують мінімальну кількість етанолу. У табл. 12 продемонстровані перспективні штами *S. boulardii*, що мають високий вихід біомаси та допустиму концентрацію етанолу.

Крім того, концентрацію етанолу в готовому напої чи під час виробничого біосинтезу біомаси дріжджів можна контролювати технологічними параметрами виробничого процесу, такими як: тривалість ферментації, температура, чи pH. Було встановлено, що при біосинтезі біомаси при контрольованому значенні pH (5,5) протягом всього періоду ферментації, вихід біомаси у два рази більший, ніж при ферментації без регуляції pH протягом всього процесу. Водночас концентрація етанолу при біосинтезі культури в середовищі з неконтрольованим pH майже вдвічі перевищує концентрацію етанолу, отриману в культурі з контрольованим pH. Наприклад, для штаму *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-79 концентрація етанолу становила 0,025% та 0,05% при контрольованому та неконтрольованому pH відповідно[1]. Також на накопичення біомаси та етанолу впливає температура ферментації. Відомо, що оптимальна температура ферментації *S. boulardii* становить 30–37°C, однак існують штами, що активно ростуть при нижчій температурі. Це

дозволяє використовувати їх в технологіях бродіння, що передбачають низькі температури. Крім цього, зниження температури виробничого біосинтезу чи ферментації напою дозволяє знизити концентрацію етанолу в готовому продукті. Одним з таких перспективних штамів є *Saccharomyces boulardii* RIBM 170. Сьогодні його використовують в дослідженнях для розробки та подальшого виробництва безалкогольного пива з пробіотичними властивостями[112].

Нами проведено порівняння перспективних штамів *Saccharomyces boulardii* для виробництва функціонального ферментованого напою на основі рослинної сировини (табл.3.12). За проведеним аналізом особливостей технологічного процесу одержання біомаси дріжджів, що придатні для масштабування в промислових умовах, концентрацію етанолу, що продукується ними визначено перспективним штамом *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796. (табл. 3.13, 3.14).

Особливості одержання біомаси *Saccharomyces boulardii*

Біологічний агент	Склад поживного середовища		Тривалість культивування, год	Концентрація біомаси, г/л	Концентрація етанолу, об.	Особливості процесу біосинтезу	Література
	компонент	Концентрація, г/л					
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Saccharomyces boulardii</i> ATCC-MYA-796	Глюкоза кукурудзяний екстракт NaNO ₃ KH ₂ PO ₄ MgSO ₄ ·7H ₂ O ZnSO ₄ ·7H ₂ O CuSO ₄ ·5H ₂ O FeSO ₄ ·7H ₂ O	20,0 15,0 1,0 6,0 3,0 0,01 0,002 0,001	16	8,2	0,025%	Температура 37°C, швидкість перемішування 400 об/хв, рівень рН=5,5 (контролювали протягом всього часу додаванням 6%-м розчином NaOH та 6%-м розчином HCl), швидкість аерації 1 об/об/хв, розчинений кисень встановлений на 100%. Напівпромисловий біореактор об'ємом 16 л. Стерильний піногасник німецького виробництва. Ферментер обладнаний датчиком тиску, температури, швидкості перемішування, піноутворення.	[1]
<i>Saccharomyces boulardii</i> RIBM 170	Глюкоза Декстрин Дріжджовий екстракт Пептон	15,0 15,0 5 5	20	9	< 0.5%	Культивування в колбах Ерленмейера на 500 мл, що містили 250 мл поживного середовища. Початкове рН 5,5, що контролювали 6%-м розчином HCl, при 16°C.	[112]

Таблиця 3.13

**Розрахунок вартості поживних середовищ для культивування
*Saccharomyces boulardii***

Продуцент	Компонент поживного середовища	Концентрація у ПС, г/л	Ціна компонента, грн/кг	Вартість компонента (грн) на 1 л середовища	Джерело інформації
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Saccharomyces boulardii</i> ATCC-MYA-796	Глюкоза	20	50	1	1
	Кукурудзяний екстракт	15	78	1,17	3
	NaNO ₃	7	55	0,39	1
	KH ₂ PO ₄	6	190	1,14	3
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	3	90	0,27	2
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,01	120	0,0012	1
	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,002	105	0,00021	1
	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,001	40	0,00004	1
Вартість 1 л середовища – 3,97 грн					
<i>Saccharomyces boulardii</i> RIBM 170	Глюкоза	15	50	0,75	1
	Декстрин	15	95	1,5	2
	Дріжджовий екстракт	5	1800	9	1
	Пептон	5	1500	7,5	3
Вартість 1 л середовища – 18,75 грн					

Примітка* 1 – <https://www.systopt.com.ua/>; 2 – <http://lab-mir.com/>; 3 – <https://prom.ua/ua/>.

Таблиця 3.14

Умовна вартість 1 г біомаси *Saccharomyces boulardii*

Біологічний агент	Концентрація біомаси, г/л	Тривалість культивування, год	Кількість утвореної біомаси за годину, г/год	Вартість 1 л середовища, грн/л	Вартість 1 г цільового продукту, грн/г
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Saccharomyces boulardii</i> ATCC-MYA-796	8,2	16	0,51	3,97	0,48
<i>Saccharomyces boulardii</i> RIBM 170	9	20	0,45	18,75	2,08

Отже, для приготування 1 л функціонального ферментованого напою з яблучного соку кількість життєздатних клітин на початку ферментації має становити 10⁶ КУО/мл. Тобто для одного літра напою інокулят на початку ферментації

становить: $10^6 \times 1000 = 10^9$ КУО/л. Це забезпечить ефективну ферментацію, життєдіяльність пробіотичних дріжджів у соці та необхідну фізіологічну дію готового продукту. Концентрація життєздатних клітин в готовому функціональному напої, наприкінці ферментації, становить 10^8 КУО/мл, що відповідає рекомендації ВООЗ. Тому даний напій буде мати достатню фізіологічну дію [79, 97].

Концентрація біомаси *S. boulardii* АТСС-МҮА-796 після ферментації становить 8,2 г/л. Волога біомаса дріжджів містить близько 70-80% води, тоді як 20-30% становить суха біомаса, яку можна отримати у вигляді порошку після сушіння. Таким чином у 8,2 г/л вологої біомаси міститься близько 2,1 г/л сухої біомаси *S. boulardii* АТСС-МҮА-796 [114].

Після ліофілізації концентрація життєздатних клітин у біомасі *S. boulardii* становить близько 1×10^{10} КУО/г, за умови збереження оптимальних умов сушіння та використання захисного середовища [113].

Для визначення необхідної кількості сухої біомаси дріжджів для ферментації 1 л напою, необхідно врахувати наступні параметри:

- Початкова кількість життєздатних клітин 10^6 КУО/мл, еквівалент 10^9 КУО/л.
- Вміст КУО у ліофілізованій біомасі близько 10^{10} КУО/г.

Тоді необхідна кількість готового препарату сухої біомаси:

Суша біомаса (г) = Необхідна КУО / КУО на 1 г сухої біомаси

Суша біомаса (г) = $10^9 / 10^{10} = 0,1$ г сухої біомаси/л.

Тоді для ферментації 1 л напою необхідно 0,1 г ліофілізованої біомаси *S. boulardii* АТСС-МҮА-796 (що містить необхідні 10^9 КУО в 0,1 г). Однак, враховуючи масу захисного середовища, що змішується з вологою біомасою перед початком ліофілізації у співвідношенні 1:1, для ферментації 1 л функціонального ферментованого напою необхідно 0,2 г ліофілізованого препарату *S. boulardii* АТСС-МҮА-796.

Проаналізувавши наявні на ринку препарати з дріжджами *S. boulardii* та рекомендації до їх приймання можна побачити, що здебільшого дані пробіотичні препарати випускаються у формі капсул з концентрацією життєздатних клітин 10^{10} КУО/капсула. Згідно з інструкцією дані харчові добавки рекомендовано вживати

щоденно, 1 – 2 капсули на добу, курсом від 2 тижнів до декількох місяців, залежно від мети споживання. При використанні даних препаратів в лікувальних цілях необхідна консультація з лікарем. Однак, така кількість клітин є клінічно безпечною дозою для щоденного споживання протягом декількох місяців, та достатньою для отримання фізіологічної дії, направленої на підтримку мікрофлори, профілактики чи лікування діареї, дисбактеріозу чи при антибіотикотерапії[115].

Згідно з цими даними пропонується випускати функціональний ферментований напій в пляшечках, об'ємом 100 мл, з кількістю колонієутворюючих одиниць – 10^{10} КУО/пляшку, що відповідає концентрації клітин 10^8 КУО/мл. Рекомендована схема споживання передбачає прийом однієї пляшки на добу протягом 30 днів. З метою пролонгації отриманої дії рекомендовано повторювати курс 3 рази на рік. Це зручний формат випуску, знайомий споживачам у всьому світі через пробіотичні напої, що випускаються в такому об'ємі. Наприклад, популярний пробіотичний йогуртовий напій Actimel, французької компанії Danone, що випускається в пляшках по 100 мл та містить в одній пляшці 2×10^{10} КУО *L. casei*. Тому, як ми бачимо, даний формат випуску напою та невеликий об'єм пляшок є знайомий споживачу та має попит через свою зручність[116].

В роботі було розглянуте проектування крафтового виробництва функціонального ферментованого напою. На даному підприємстві встановлено ферментер, об'ємом $1,5 \text{ м}^3$, для ферментації готового напою. Один повний виробничий цикл напою (починаючи від підготовки плодів для добування соку та закінчуючи реалізацією готового напою) становить 4 дні.

Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість та адаптивність виробництва, що особливо важливо для нового продукту на ринку. Невеликий об'єм виробництва дозволяє швидко реагувати на потреби та зміни вподобань споживачів, а також забезпечити кращий контроль якості готового напою. Крім того, такий підхід є оптимальним для масштабування виробництва без дуже великих капітальних вкладень, що в перспективі дозволяє збільшувати кількість охоплених споживачів та виходити на ринки інших регіонів [117].

Згідно з попередніми дослідженнями, даний напій рекомендовано вживати курсом по 30 днів, 3 рази на рік. Тобто за умови притримання рекомендацій, одна людина на рік буде вживати 90 порцій напою, що становить 9 л. Такий підхід є ефективним для підтримки функціональної дії та є зручним для споживачів, через що більшість препаратів та напоїв на основі пробіотичних мікроорганізмів вживаються за подібною схемою[118]. Окрім цього, такий підхід є максимально економічним для виробництва та є перспективним для розробки маркетингової стратегії напою. Оскільки значно більше людей з цільової аудиторії готові вживати напій курсом, для підтримання мікробіоти, чи в стресовий для організму період, наприклад під час вживання антибіотиків, ніж кожного дня. Для таких людей можна розглядати варіант реалізації продукту за схемою “підписки” на курс, що є зручним для споживача та безпечним для виробництва, оскільки в такому випадку легше реалізувати всю партію.

До цільової аудиторії входять люди, віком 18–45 років, які орієнтуються на покращення та профілактику власного здоров'я та здоровий спосіб життя, а також люди, що мають певні симптоми та проблеми зі шлунково-кишковим трактом. Саме молоді люди зазвичай більш активні в питаннях здорового способу життя, через що шукають продукти, що можуть задовольнити їх потреби. Однак, не зважаючи на безпечність вживання *S. boulardii*, з цільової аудиторії були виключені певні сегменти:

- діти, віком до 18 років. Дані про безпечність та ефективність вживання пробіотичних дріжджів *S. boulardii* дітьми є, проте здебільшого вони стосуються наукових досліджень та вживання препаратів протягом короткого курсу, у клінічних умовах для лікування певних захворювань [119]. Крім того, діти мають інші харчові потреби та можуть мати алергічні реакції.

- люди, віком 45 – 65 років. Зазвичай вони менш мотивовані та відкриті до вживання нових функціональних напоїв від локальних виробників, тому на початку виробництва ми не розглядаємо їх як цільову аудиторію[120].

- літні люди (65+). Вони частіше мають хронічні та супутні захворювання, через що можуть мати більше протипоказів до вживання певних категорій продуктів.

- люди, що мають інші протипокази до вживання напоїв, що містять у своєму складі пробіотичні дріжджі [120].

Ці категорії потенційно можуть бути споживачами даного напою, однак лише після консультації з лікарем. Тому виключення їх з цільової аудиторії дозволяє знизити потенційні ризики, що можуть переважати комерційну доцільність. До того ж на початку реалізації напою в невеликих об'ємах, дані категорії не вигідно розглядати як сегмент цільової аудиторії з огляду на маркетинг продукту.

Як регіон реалізації напою розглядались великі міста України та області. В результаті аналізу актуальних статистичних даних та населення України, основним регіоном для реалізації готового напою було обрано місто Київ та Київську область.

За даними Державної служби статистики, чисельність населення Києва становить понад 3 млн осіб, з урахуванням міграційних процесів та безпекової ситуації. Населення Київської області сягає близько 1,8 млн осіб. В даному регіоні спостерігається висока концентрація населення, з найвищим рівнем доходу та купівельної спроможності. Саме в великих містах люди зазвичай більше притримуються тенденцій, до яких також відносять вживання функціональної їжі [121]. А ще, враховуючи обмежений термін зберігання напою, будувати логістику та збут продукту значно легше в одному регіоні, де висока щільність населення, є багато потенційних споживачів, а також точок та каналів реалізації. При цьому, лише незначна частина цільової аудиторії буде зацікавлена в купівлі напою.

Отже, враховуючи повний цикл виробництва напою, що становить 4 дні та об'єм ферментера для зброджування напою – 1,5 м³, за один цикл можливо виготовити близько 900 л напою (9000 порцій), з урахуванням заповненості ферментера та витрат. В рік людина може спожити 9 л напою.

Кількість партій на рік становить: $365/4 = 91$ партія/рік

Річний обсяг становить близько 81 900 л напою.

Кількість людей, яких можна забезпечити 3 повними курсами: $81900/9 = 9100$ осіб.

Максимальний обсяг споживачів за день, якщо порції будуть розподілятися рівномірно: $900 \text{ л} / 4 = 225 \text{ л/день}$, тобто 2250 порцій/день.

Згідно з розрахунками, таке підприємство може охопити лише невелику частину зростаючого ринку. Однак, така кількість потенційних споживачів є цілком прийнятною для виведення напою на ринок та його тестування. Після налагодження логістики та збільшення обізнаності споживачів щодо нового напою завдяки маркетинговим заходам, можна очікувати поступового збільшення попиту на продукт. З часом можливе масштабування виробництва шляхом встановлення більшої кількості ферментерів, чи масштабування на інші регіони.

Отже, в рік необхідно виготовляти близько 81 900 л (8190 дал) напою.

Для ферментації 8190 дал напою необхідно:

$81900 \text{ л} \times 0,2 \text{ г/л} = 16380 \text{ г} = 16,38 \text{ кг}$ ліофілізованої біомаси *S. boulardii* ATCC-MYA-796.

Це близько $16,38 / 0,25 = 65,52 \text{ кг}$ вологої біомаси.

Якщо в 1 л культуральної рідини концентрація біомаси становить 8,2 г/л, то тоді річний об'єм культуральної рідини становить:

$$65,52 \text{ кг} / 0,0082 \text{ кг/л} = 7990 \text{ л} \approx 8 \text{ м}^3$$

Враховуючи втрати цільового продукту, що становлять 15%, під час подальших технологічних операцій, до яких відносять центрифугування, ліофілізація, просіювання та пакування, необхідна кількість культуральної рідини становить [122, 123]:

$$V_{\text{кр}} = 8 \text{ м}^3 \times 1,5 = 12 \text{ м}^3$$

3.4. Розрахунок кількості виробничих циклів та геометричного об'єму ферментера.

Для забезпечення річної потреби у біомасі *S. boulardii* ATCC-MYA-796, для виробництва функціонального ферментованого напою необхідно отримати 12 м³ культуральної рідини.

Для розрахунку одного циклу роботи ферментера необхідно врахувати загальний час підготовчих робіт, до яких відносять: огляд та миття апарату – 1,5 год; перевірка на герметичність апарату – 1 год; підігрів апарату – 0,5 год; стерилізація апарату – 1 год; охолодження апарату – 1 год; завантаження поживного середовища –

2 год; засів – 0,5 год; вивантаження культуральної рідин – 1 год. Тоді загальна тривалість підготовчих робіт становить 8,5 год.

Враховуючи час культивування, який становить 16 год, цикл роботи ферментера:

$$T_{\text{цф}} = T_{\text{к}} + T_{\text{пр}} = 16 + 8,5 = 24,5 \text{ год, де}$$

$T_{\text{к}}$ – час культивування, $T_{\text{пр}}$ – тривалість підготовчих робіт.

Приймаємо, що кількість трудоднів становить 45 днів. При цьому в інший період виробничі потужності підприємства можуть бути залучені для виробництва дріжджової біомаси для інших потреб, або для біосинтезу інших мікроорганізмів чи їх продуцентів.

$$V_{\text{цк}} = (K_1 \times V_{\text{кр}} \times T_{\text{цф}}) / T_{\text{рд}} 24, \text{ де}$$

K_1 – коефіцієнт запасу, який враховує втрати цільового продукту під час нестерильних операцій ($K_1 = 1,5$), $V_{\text{кр}}$ – кількість культуральної рідини за рік, $T_{\text{цф}}$ – тривалість одного циклу роботи ферментера, $T_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів на рік.

Тоді об'єм культуральної рідини за цикл становить:

$$(1,5 \times 8 \times 24,5) / (45 \times 24) = 0,272 \text{ м}^3 / \text{цикл} = 272 \text{ л} / \text{цикл}$$

Врахуємо, що коефіцієнт заповнення ферментера становить 0,6, тоді геометричний об'єм ферментера:

$$V_{\text{г}} = V_{\text{цк}} / K_{\text{зап}} = 0,272 / 0,6 = 0,45 \text{ м}^3$$

Тоді геометричний об'єм ферментера буде становити 0,5 м³, згідно з стандартними розмірами ферментерів, що є на ринку.

Перевіряємо коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = 0,272 / 0,5 = 0,55 \text{ – не перевищує заданого значення.}$$

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТАДІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Обґрунтування вибору післяферментаційних процесів отримання біотехнологічного продукту

За один виробничий цикл виробничого біосинтезу отримують 0,272 м³ культуральної рідини. Біотехнологічним продуктом для подальшого виробництва функціонального ферментованого напою є ліофілізована біомаса пробіотичних дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796.

На рис. 4.1 наведена узагальнена схема виробництва ферментованого рослинного напою, зокрема етапи виробництва ліофілізованої субстанції, фруктового соку та зброджування готового напою.

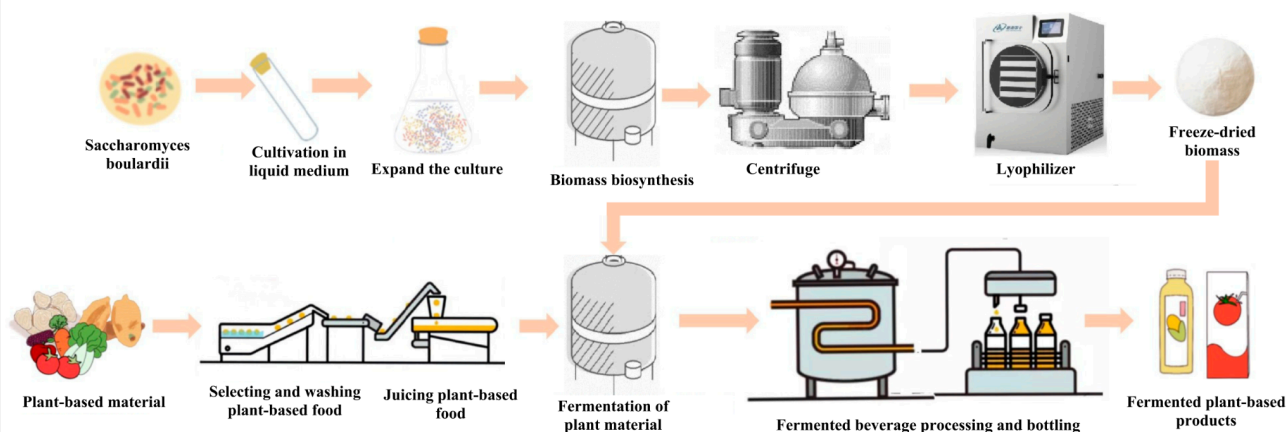


Рис. 4.1 Схема виробництва немолочних функціональних ферментованих напоїв з використанням пробіотичних дріжджів *i* ATCC-MYA-796 [5]

На рис. 4.2 представлена постадійна схема післяферментаційних стадій отримання готової субстанції для подальшого виготовлення ферментованого напою.

<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Разроб.</i>	<i>Гріна А.С.</i>			
<i>Перевір.</i>	<i>Грезірчак Н.М.</i>			
<i>Консульт.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд.</i>	<i>Стадніков В.П.</i>			
<i>Розділ 4. Обґрунтування вибору стадій технологічного процесу</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
				<i>Аркушів</i>
				71
			<i>Кафедра БТМ₇₁</i>	



Рис. 4.2 Схема післяферментаційних стадій отримання готової субстанції

Після стадії виробничого біосинтезу біомасу дріжджів необхідно виділити з культуральної рідини. У табл. 4.1 наведена порівняльна характеристика доступних методів виділення біомаси.

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз методів відділення біомаси для *S. boulardii*

Метод	Переваги	Недоліки	Література
Центрифугування	Висока ефективність, мінімізація пошкоджень клітин, низькі втрати біомаси, масштабування та автоматизації в промислових умовах, велика швидкість	Високе енергоспоживання, необхідність коштовного обладнання	[124]

Фільтрація	Недороге обладнання, простота проведення процесу, підходить для невеликих масштабів виробництва	Налипання клітин на фільтр, що знижує ефективність та швидкість, обмежена масштабованість	[125]
Флотація	Висока енергоефективність, простота проведення процесу, підходить для невеликих масштабів виробництв	Високі втрати біомаси, нестабільний вихід, необхідність коштовного обладнання	[126]
Сепарація	Низькі втрати біомаси	Високе енергоспоживання, необхідність коштовного обладнання, вплив на клітини	[127]

Отже, порівнявши можливі методи, робимо висновок, що для відділення біомаси найкраще підходить метод центрифугування, враховуючи його переваги в порівнянні з іншими, доступними для промислового використання, методами. Головою перевагою даного методу є ефективне відділення біомаси з мінімізацією пошкодження дріжджових клітин та збереження їх високої життєздатності ($\geq 95\%$). Це є важливим у даному виробництві, оскільки на подальших етапах технологічного процесу біомаса використовується для виробництва функціонального ферментованого напою, в якому має бути забезпечена достатня кількість життєздатних клітин. Крім того, даний метод має високу ефективність, високий фактор розділення та можливість автоматизації й масштабування процесу[128].

Однак, варто враховувати параметри центрифугування, оскільки при неправильній швидкості чи часі, клітини можуть злипатись, чи пошкоджуватись. Оптимальними параметрами центрифугування для дріжджів *S. boulardii* є швидкість 5000 об/хв, протягом 15 хв при температурі 4 °C[128].

Після того, як біомаса виділена, її необхідно підготувати до подальших післяферментаційних етапів. А саме, перед сублімаційним сушінням вологу біомасу необхідно змішати з захисним середовищем для її стабілізації та збереження життєздатності клітин при подальшому механічному та температурному впливі. Це збереже цілісність клітинних структур та їх біологічних властивостей,

попереджаючи втрату значної частини життєздатних клітин чи зміни їх активності. При підборі захисного середовища одним з важливих факторів, який необхідно враховувати, є те, що готовим продуктом є немолочний функціональний ферментований напій. Тобто захисне середовище не має мати у своєму складі молочні продукти, які часто застосовують як ефективні ліопротектори та кріопротектори. Ефективною альтернативою є захисне середовище з трегалозою. Трегалоза є дослідженим й ефективним захисним засобом для бактерій та дріжджів. Вона є стабілізатором для біомаси під час дії несприятливих умов, захищаючи клітинні мембрани від зневоднення та збільшуючи термостабільність клітин. Головним недоліком трегалози, через який їй не завжди надають перевагу при підборі захисних середовищ – є її вартість. Однак, за необхідності використання захисного середовища без молочних компонентів, трегалоза є гарним варіантом[129].

До складу захисного середовища входить 12% трегалози та 88% фосфатного буфера (12% мас./мас.), що забезпечує достатнє збереження життєздатності клітин при ліофілізації.

Трегалоза в складі даного захисного середовища є гарним кріопротектором, ефективнішим за сахарозу чи глюкозу. Фосфатний буфер в складі захисного середовища є буфером та регулятором рН (рН розчину 6,5), що є критичним для життєдіяльності клітин. А також є основою захисного середовища та діє як додатковий захисний агент. Загалом була доведена можливість використання фосфатного буфера як самостійного захисного агента, однак в комбінації з трегалозою захисне середовище має кращу ефективність[113].

Оскільки дане захисне середовище використовується для ліофілізації дріжджових клітин, що надалі будуть використані для виробництва напою, всі компоненти середовища мають бути безпечні для вживання людиною та дозволені для використання у харчовій й промисловості. K_2HPO_4 та K_2HPO_4 є харчовими добавками, що широко використовуються в харчовій промисловості, як стабілізатори чи підкислювачі. Особливо широко їх використовують в напоях для спортсменів[130].

Згідно з літературними даними: рН фосфотного буфера становить 6,5, що є оптимальним значенням для підтримки життєздатності дріжджової біомаси під час ліофілізації. Об'єм буфера, необхідного для одного технологічного процесу – 1,365 л, концентрація буфера: 0,73 М[113].

Після цього підготовлене захисне середовище стерилізують: розчин трегалози при 112 °С, протягом 30 хв, фосфатний буфер при 121°С, протягом 20 хв, для знищення сторонньої мікробіоти та попередження контамінації готової субстанції. Далі захисне середовище змішують з відділеною біомасою у співвідношенні 1:1 за масою[113].

Для отримання готового препарату тривалого зберігання, який можна буде надалі використовувати на виробництві – стабілізовану біомасу необхідно висушити. Загалом, для отримання препаратів на основі висушеної дріжджової біомаси застосовують декілька методів. До стандартних методів відносять сушіння біомаси в розпилювальній сушарці, у вакуумній сушарці та сублімаційне сушіння. Окрім того, в сучасних наукових розробках досліджують застосування таких перспективних методів, як: покриття у псевдорозрідженому шарі, розпилювальне охолодження (Spray Chilling), композитна інкапсуляція та подвійне покриття.

Отже, детальніше розглянемо та порівняємо основні методи сушіння та інкапсуляції біомаси *S. boulardii*, для збереження її подальшої життєздатності, що описані в сучасних наукових джерелах. А також порівняємо їх здатність бути використаними в технологічному процесі виготовлення субстанції дріжджової біомаси для подальшого виробництва ферментованого напою.

Покриття (гранулювання) у псевдорозрідженому шарі.

Даний метод сушіння базується на розпиленні покриття на тверді частинки біомаси. Частинки дріжджової біомаси суспендують в потоці повітря в нагрітій камері та покривають захисним агентом, яким можуть виступати ліпіди, білки чи полісахариди. В ході інкапсуляції розмір інкапсулюючих частинок зменшується, утворюється щільний однорідний шар.

Переваги методу:

- Основною перевагою є можливість використання різноманітного інкапсулюючого матеріалу, що дає можливість отримати препарат з різними властивостями, залежно від потреб виробництва, що обумовлені технологією виготовлення кінцевого продукту.
- Демонструє гарний термічний захист.
- Збереження високої життєздатності клітин під час зберігання препарату.
- Можливість масштабування у промислових масштабах.

Недоліками методу є:

- Необхідність використання дороговартісного обладнання.
- Необхідність підбору відповідного інкапсулюючого матеріалу.
- Можливість впливу на органолептичні властивості готового напою.
- Складність технології сушіння та подальшого використання у виробництві ферментованих напоїв у порівнянні з іншими методами[131].

Розпилювальне сушіння.

Принцип даного методу базується на миттєвому розпиленні дріжджової суспензії гарячим газом для утворення порошку. В результаті розпилювального сушіння рідка суспензія біомаси перетворюється в порошок, придатний для подальшого використання. Даний метод сушіння є одним з найпоширеніших в харчовій промисловості, враховуючи його переваги, до яких відносять:

- економічність процесу,
- швидкість сушіння та отримання готового продукту,
- можливість масштабування в промислових масштабах.

Однак, недоліки даного методу значно обмежують його використання на проєктованому підприємстві, враховуючи особливості готової субстанції. Основними недоліками є:

- Значний тепловий стрес клітин, обумовлений високою температурою сушіння.
- Осмотичний стрес клітин та тиск, що присутній під час процесу сушіння.
- Відповідно, забезпечення нижчої життєздатності клітин, що є ключовим параметром, який важливий для подальшого виробництва[131, 132].

Розпилювальне охолодження (Spray Chilling).

Мікрокапсулювання є єдиним можливим методом інкапсуляції пробіотичних мікроорганізмів, включно з дріжджами, враховуючи їх розмір. Розпилювальне охолодження є одним з перспективних методів мікрокапсулювання дріжджової біомаси. Розпилювальне охолодження схоже з розпилювальним сушінням, оскільки в результаті розпилення також утворюються малі краплі з подальшим утворенням порошку. Дріжджову біомасу суспендують у матриці (зазвичай ліпідній) після чого розпилюють у камері. Основною відмінністю від розпилювального сушіння є те, що в даному методі у камері присутнє холодне повітря, що забезпечує затвердіння утворених частинок. Через це даний метод є ганою альтернативою розпилювальному сушінню, оскільки клітини не піддаються сильному стресу, що викликаний високою температурою.

Отже, перевагами даного методу є:

- менший температурний стрес клітин та навантаження на них,
- більше підходить для пробіотичних препаратів та інших термочутливих речовин,
- збереження високої життєздатності клітин,
- короткий час сушіння,
- можливість масштабування.

Недоліками є:

- нижча ефективність інкапсуляції, в порівнянні з іншими методами інкапсуляції,
- менший термін зберігання готового препарату, в порівнянні, наприклад з сублімаційними сушінням, та більший ризик пошкодження чи витікання ядра з часом,
- обмеження застосування в подальшій ферментації напою, враховуючи можливі органолептичні зміни готового продукту[131, 133].

Композитна інкапсуляція та подвійне покриття.

Даний метод базується на інкапсулюванні дріжджової субстанції у захисній матриці, до складу якої входять декілька захисних агентів. Зазвичай ними можуть виступати білки та полісахариди. Далі вже інкапсульовану дріжджову біомасу

додатково покривають зовнішнім шаром для вищої стабільності чи контрольованого вивільнення.

Для виготовлення препарату дріжджів *S. boulardii* виділену та концентровану біомасу промивають питною водою, змішують з гліцерином (3–10% від загальної маси препарату), гуміарабіоком (0,3% мас.), бета-циклодекстрину (5–10% мас.) та крохмалю (10–20% мас.) для утворення гранул методом вологого гранулювання. Після чого готові гранули сушать в киплячому шарі при 45–55 °С, 2 год. В якості другого шару покриття використовують стеаринову кислоту (0,2% мас.).

Перевагою вже оптимізованого методу композитної інкапсуляції та подвійного покриття для дріжджів *S. boulardii* є:

- збільшення термостійкості клітин, підвищення їх життєдіяльності
- підвищене виживання під час гранулювання,

Недоліками даного методу є:

- дороговартісність процесу, обумовлена необхідним обладнанням та складним технологічним процесом,
- складність масштабування у промислових масштабах,
- можливий вплив на органолептичні властивості готового напою,
- короткий термін зберігання, в порівнянні з сублімаційним сушінням[134, 135].

Сублімаційне сушіння.

Сублімаційне сушіння, або ліофілізація, є оптимальним методом висушування біомаси в умовах даного виробництва, враховуючи необхідні характеристики готової субстанції та переваги даного методу.

Перевагами сублімаційного сушіння є:

- тривале зберігання висушеного препарату;
- відсутність впливу високих температур на біомасу;
- збереження активності клітин;
- попередження їх інактивації та відмирання за умови використання захисного середовища;
- можливість автоматизації та масштабування процесу[136].

Це є значними перевагами, в порівнянні з іншими методами сушіння, за використання яких на дріжджові клітини діє висока температура, необхідно залучати людську працю, чи продуктивність яких значно менша. Крім того, низькі температури, при яких відбувається ліофілізація, захищають білки від денатурації, що краще зберігає цілісність клітинних структур, в порівнянні з методами, де на біомасу діють високою температурою[137, 138]. Проте, варто враховувати і можливі недоліки сублімаційного сушіння, а саме:

- обов'язкова стабілізація біомаси перед сушінням, тобто підготовка та використання захисних середовищ;
- високі енерговитрати процесу.

Однак, враховуючи масштаби виробництва, дані недоліки не є значними, адже враховуючи переваги даного методу, він є ефективнішим та економічно доцільнішим[136].

Сублімаційне сушіння базується на явищі сублімації, тобто випаровування вологи з оминанням рідкої фази, та складається з декількох послідовних етапів.

1. Першочергове заморожування. Біомасу необхідно заморозити до робочої температури, при якій відбувається ліофілізація. Замороження в камері сублімаційної сушарки зазвичай відбувається протягом 12–24 год, що пов'язано з конструктивними особливостями апарату та технологічного процесу охолодження. Однак, довгий час замороження стабілізованого препарату в камері сублімаційної сушарки є значним недоліком, що негативно впливає на збереження життєдіяльності та активності дріжджових клітин. Альтернативним методом попереднього замороження препарату є замороження у шоківій морозильній камері. Для *S. boulardii* ATCC-MYA-796 оптимальними параметрами є замороження при $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 3 год, що можливо досягнути лише у таких морозильних камерах. Пов'язано це з утвореннями кристалів льоду при замороженні субстанції. При повільнішому замороженні всередині клітин утворюються великі кристали льоду, що здатні пошкодити мембрани клітин та зменшити їх активність чи призвести до інактивації. В той час, як максимально швидке замороження дозволяє мінімізувати негативний вплив на клітини, оскільки при цьому утворюється багато дрібних

кристалів льоду, що не пошкоджують клітинні мембрани. Це дозволяє отримати субстанцію з однорідною пористою структурою та скоротити подальший час сублімації, знижуючи час технологічно процесу та енерговитрати.

2. Ліофілізація. Сублімаційне сушіння під вакуумом проходить на піддонах при -50°C , 5 Па протягом 24 год. Паралельно з ліофілізацією відбувається десублімація пари на поверхні конденсатора, що розміщений в окремій камері.

3. Досушування препарату. Відбувається після ліофілізації при температурі $+25^{\circ}\text{C}$. Цей етап необхідний для підвищення стабільності готового препарату.

4. Завершення ліофілізації. На даному етапі відбувається з'єднання камер сублімації та десублімації з атмосферою, для вирівнювання тиску, вивантаження сухого продукту, розмороження конденсатора, миття та подальша обробка обладнання[136, 139].

Отже, проаналізувавши основні методи сушіння дріжджової біомаси *S. boulardii*, наведені в сучасній науковій літературі та нових розробках, включно з запатентованими технологіями, можна зробити висновок щодо оптимального методу, яким є сублімаційне сушіння препарату. Даний метод поєднує в собі збереження життєздатності клітин після висушування, тривале зберігання готового препарату, впродовж якого клітини не втрачають своєї активності та не відмирають, а також можливість масштабування даного процесу в промислових масштабах. Дані переваги є значними, в порівнянні з іншими наведеними методами.

Після ліофілізації висушений препарат має форму цілісного та твердого пласти, в якому міститься до 2% вологи, через те, що сушіння відбувалось у піддонах. Оскільки кінцевий препарат має бути у формі порошку, для можливості його подальшого використання та пакування, його необхідно подрібнити. Враховуючи те, що нам необхідно зберегти найбільшу кількість життєздатних клітин, обраний метод подрібнення має характеризуватись не лише своєю ефективністю, але й мінімальним підвищенням температури препарату під час подрібнення. Молоткова дробарка – це тип дробарок, ударним елементом яких є молотки. Перевагами даного типу дробарок, в порівнянні з іншими типами, такими як: щоківі, конусні, роторні, чи валові дробарки, є:

- високий ступінь подрібнення препаратів;
- мінімальне підвищення температури препарату під час подрібнення;
- простота конструкції, через що дробарка легка в експлуатації та обслуговування;
- можливість автоматизації процесу;
- невеликі габаритні розміри;
- сито, що передбачено конструкцією[140].

Наявність сита, що передбачено конструктивними особливостями даного типу дробарок, дозволяє одразу на етапі дроблення висушеного препарату контролювати розмір частинок на виході та відправляти відсів на повторне подрібнення[141].

Оскільки розмір частинок готового продукту є надзвичайно важливим для даного виробництва, на наступному етапі подрібнену субстанцію просіюють за допомогою сита. На біотехнологічному підприємстві можуть бути використані декілька типів сит, що відрізняються своєю будовою та принципом дії. До них відносять: вібраційні, обертальні та хитальні сита.

Для проєктованого підприємства було обрано вібраційне сито, враховуючи його конструктивні особливості та технічні переваги. Сита даного типу характеризуються високою продуктивністю, простотою в обслуговуванні та експлуатації, що обумовлено їх будовою, надійністю, та можливістю широкого застосування для біотехнологічних підприємств. Для просіювання ліофілізованої дріжджової біомаси найчастіше надають перевагу саме вібраційним ситам[142].

Останнім етапом післяферментаційних процесів є пакування та маркування готової субстанції для її тривалого зберігання. Ліофілізована дріжджова біомаса надалі буде використовуватись для виробництва функціонального ферментованого напою, відповідно пакування має бути зручним для забезпечення подальших стадій виробництва. Крім того, воно має забезпечувати довготривале зберігання біомаси, її стабільність, запобігати контамінації, а також підходити для масштабного виробництва. Серед основних варіантів пакування є пакування у скляні флакони чи у герметичні пакети. У табл. 4.2 наведені переваги та недоліки кожного з варіантів пакування.

Пакування ліофілізованої біомаси *S. boulardii*

Пакування	Переваги	Недоліки	Література
Скляні флакони	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність контамінації - Гарний захист від кисню та вологи - Стабільність субстанції - Довготривале зберігання 	<ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість - Крихкість - Не підходить для масштабного виробництва 	143
Вакуумне пакування в поліетиленові пакети	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність контамінації - Гарний захист від кисню та вологи - Стабільність субстанції - Довготривале зберігання - Дешевизна упаковки - Практичність упаковки - Підходить для масштабного виробництва 	<ul style="list-style-type: none"> - Дорожча вартість обладнання для пакування - Упаковка не така міцна, як скляна 	144

Отже, враховуючи економічні та практичні аспекти для масштабного виробництва доцільніше обрати вакуумне пакування в поліетиленові пакети, що є надійним методом пакування для забезпечення довготривалого зберігання субстанції.

Враховуючи масштаби виробництва доцільніше пакувати готову субстанцію у пакети декількох розмірів. Це дозволить на подальших технологічних етапах виробництва використовувати необхідну кількість біомаси, коригуючи її кількість з використанням пакетів меншого об'єму, без необхідності її відбирання та зважування. Це попередить додаткові ризики контамінації та дозволить полегшити роботу працівникам.

Вакуумне пакування можливе з використанням різних об'ємів пакетів для пакування. Підходящими розмірами є багатошарові поліетиленові пакети об'ємом 100 г (150 x 200 мм). Товщина пакування становить близько 100–150 мікрон. Також пакування має відповідати встановленим вимогам для біотехнологічних та харчових виробництв [144, 145].

4.2. Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

Визначивши післяферментаційні стадії виробництва цільового продукту та необхідні для цього методи, необхідно підібрати технологічне обладнання для

проведення всіх технологічних операцій, з урахуванням матеріальних потоків по стадіях.

Вихідні дані для підбору обладнання:

Об'єм культуральної рідини за цикл: $0,272 \text{ м}^3 / \text{цикл} = 272 \text{ л} / \text{цикл}$ (враховуючи втрати, що становлять 15%)

Концентрація біомаси у культуральній рідині: 8,2 г/л

Коефіцієнт заповнення ферментера: 0,6

Геометричний об'єм ферментера: $0,5 \text{ м}^3$

У табл. 4.3 наведено підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях.

Таблиця 4.3

Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

№ п/п	Назва стадії (операції)	Матеріальні потоки на стадіях	Кількість по стадіях			Необхідне обладнання
			Надійшло	Витрати (15%)	Вийшло	
1	2	3	4	5	6	7
Виготовлення субстанції						
ДР 2 Зберігання культуральної рідини						
1	ДР 2.1 Зберігання культуральної рідини	КР	272 л / цикл	–	272 л / цикл	Збірник для культуральної рідини об'ємом 300 л
ТП 3 Відокремлення біомаси						
2	ТП 3.1 Центрифугування культуральної рідини	Біомаса	(272 л × 8,2 г/л) 2230,4 г = 2,23 кг	5%	2,12 кг	Центрифуга продуктивністю від 5000 об/хв
		Фугат	269,77 л	–	269,77 л	Збірник для фугату об'ємом 300 л
ДР 4 Підготовка та стерилізація захисного середовища						
3	ДР 4.1 Приготування та стерилізація розчину трегалози	Компонент захисного середовища	755 мл	–	755 мл	Автоклав та колба, об'ємом 1 л.
4	ДР 4.2 Приготування та стерилізація 1 М розчину KH_2PO_4	Компонент захисного середовища	837,4 мл	–	837,4 мл	Автоклав та колба, об'ємом 1 л.
5	ДР 4.3 Приготування та стерилізація 1 М розчину KH_2PO_4	Компонент захисного середовища	167,4 мл	–	167,4 мл	Автоклав та колба, об'ємом 1 л.

Продовження табл. 4.3

5	ДР 4.4 Приготування фосфатного буфера	Компонент захисного середовища	1365 мл	–	1365 мл	Автоклав та колба, об'ємом 2 л.
ТП 5 Стабілізація біомаси						
6	ТП 5.1 Змішування захисного середовища з біомасою	Захисне середовище	2,12 л	–	4,24 л	Реактор об'ємом 5 л
		Біомаса	2,12 кг	–		
ТП 6 Сублімаційне сушіння препарату						
7	ТП 6.1 Замороження препарату	Стабілізована біомаса	4,24 л	1%	4,198 л	Низькотемпературна морозильна камера
8	ТП 6.2 Сублімаційне сушіння препарату	Заморожена біомаса	4,198 кг (25% – біомаса; 75% – вода)	Витрати : 5%	1 кг	Ліофільна сушарка
9	ТП 6.3 Досушування препарату	Ліофілізована біомаса	1 кг	–	1 кг	Ліофільна сушарка
ТП 7 Подрібнення та просіювання висушеного препарату						
10	ТП 7.1 Подрібнення у молотковій дробарці	Ліофілізована біомаса	1 кг	2%	0,98 кг	Молоткова дробарка
11	ТП 7.2 Просіювання препарату	Ліофілізована біомаса	0,98 кг	1%	0,97 кг	Вібраційне сито з діаметром пор 0,15 мм
ПМВ 8 Пакування, маркування, відвантаження готової субстанції						
11	ПМВ 8.1 Фасування та маркування	Ліофілізована біомаса	0,97 кг	1%	0,96 кг	Апарат для вакуумного пакування, пакети 100 г

4.3. Специфікація обладнання

Відповідно до розроблених технологічної та апаратурної схем, а також враховуючи матеріальні потоки по стадіях було підібрано відповідне обладнання. У табл. 4.3 наведена специфікація необхідного обладнання.

Таблиця 4.4

Специфікація обладнання

Позиція	Найменування	Кількість	Технічна характеристика
1	2	3	4
ПЗ-1	Повітрозабірник	1	Повітрозабірник VINTAKE P-160. Вентиляційний канал діаметром 160 мм. Обладнаний ковпаком. Матеріал: ударостійкий поліпропілен [143].
Ф-2	Фільтр грубої очистки повітря	1	Фільтр G4 (Z-Line). Стандартні габаритні розміри: 600x354x24 мм (може бути виготовлений на замовлення), матеріал рами: картон. Забезпечує захист від крупних забруднень[147].
К-3	Компресор	1	Поршневий одноступінчастий компресор («Dalgakiran», Україна). Продуктивність: до 1657 л/хв. Тиск на виході: 8 бар, потужність 1.1 кВт [148].
Т-4 Т-6	Теплообмінник-охолоджувач Теплообмінник-нагрівач	1	Повітряний теплообмінник (водяний нагрівач повітря). Максимальний робочий тиск: 16 бар. Проектна температура: до +100°C. Продуктивність: від 1 до 4000 м³/год[149].
Р-5	Ресивер	1	Ресивер об'ємом 200 л (ТОВ «Ейрпрес Польща»). Матеріал: нержавіюча сталь. Максимальний тиск: 11 бар. Робоча температура: від -10°C до +100°C[150].
Ф-7	Головний фільтр	1	Фільтр тонкої очистки повітря F9 (ВЕНТ-ФІЛЬТР). E>95%. Габаритні розміри, мм: 592x490x292. Продуктивність: 2480 м³/год. Стартовий опір: 150 Па [151].
З-8	Збірник культуральної рідини	1	Збірник для зберігання культуральної рідини об'ємом 300 л, Матеріал: нержавіюча сталь AISI 304 1.4301. Габаритні розміри, см: 65 x 65 x 133. Тип клапана: кульовий клапан. Обладнаний охолоджуючою сорочкою[152]

Продовження табл. 4.4

Н-9 Н-11 Н-14	Перистальтичний насос	3	Перистальтичний насос FLUIMAC HELIOS ASP 65 VX. Продуктивність 15600 л/год, потужність 7,5 кВт, частота обертання 40 об/хв [153]
Ц-10	Центрифуга	1	Біотехнологічна центрифуга безперервної дії з шнековим вивантаженням осаду Alfa Laval Culturefuge 100. Виробник Ecomash, частота обертання max. 9650 об/хв, потужність 7,5 кВт, вага: 600 кг, габаритні розміри, м: 2,1 x 2,1 x 2,2, підтримка SIP, вбудований датчик температури, частотно-регульований привод[154]
ДЗ-12	Об'ємно-ваговий дозатор	1	Об'ємно-ваговий дозатор FlexW40. Точність дозування від 0,5 до 2,5%, продуктивність до 2000 кг/год, робоча температура до +90°C, тип насосу гвинтовий, матеріал нержавіюча сталь[155]
Р-13	Реактор	1	Лабораторний реактор LSR-5L об'ємом 5 л (LABOAO). Матеріал: нержавіюча сталь 316, оснащений мішалкою, скребком, швидкість обертання 460 об/хв, потужність двигуна 120 Вт, обладнаний сорочкою, температура реакцій: -120~260 °С, тиск: -0,1~0,3 МПа[156]
МК-15	Низькотемпературна морозильна камера	1	Морозильна камера серії В-90 наднизькотемпературна. Діапазон температур: від +40°C до -90°C, Швидкість охолодження: ~10 хвилин від кімнатної температури до -80°C (порожня камера), габаритні розміри, мм: 960 x 790 x 1130, вага: 210 кг, споживання енергії: 11,2 кВт·год [157].
С-16	Сублимаційна сушарка	1	Ліофільна сушарка СС-100, продуктивність 100 кг/цикл, тиск max 15 Па, потужність 25 кВт, холодогент R 507, кількість лотків 20 шт.[158]
ВП-17 ВП-19 ВП-21	Передавальний візок	3	Напівавтоматичний передавальний візок Ortner. Для чистих приміщень, напівавтоматичний, 3-ступінчасті стоянкові гальма, висота, мм: 1732, швидкість підйому 75 мм/с, збагачення батареї 24 В [159].

Закінчення табл. 4.4

Д-18	Молоткова дробарка	1	Молоткова дробарка з тангенційним підводом повітря Optimill 900 ANDRITZ. Потужність двигуна 350 кВт, швидкість обертання ротора 1800 об/хв, фільтрація повітряного потоку 6400 м ³ /год [160]
В-20	Вібраційне сито	1	Вібраційне сито продуктивністю до 100 кг/год, потужність 0,55 кВт, швидкість обертання шпринделя 1380 об/хв, габаритні розміри, мм:540*1060, вага 100 кг[161]
АП-22	Вакуумна пакувальна машина	1	Автоматична вакуумна пакувальна машина для біотехнологічних підприємств SIG Prime 100 Aseptic. Забезпечення асептичних умов[162]

РОЗДІЛ 5. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОТРИМАННЯ СУБСТАНЦІЇ

Технологічна схема післяферментаційних стадій отримання готової субстанції включає зберігання культуральної рідини після ферментації, виділення біомаси, ліофілізацію, пакування та маркування, а також підготовку повітря для забезпечення безпеки та стерильності на певних технологічних етапах.

ДР 1. Підготовка повітря

ДР 1.1 Забір атмосферного повітря

Забір атмосферного повітря здійснюється за допомогою повітрязабірника (ПЗ-1), що вертикально встановлений на висоті 3 м над дахом.

ДР 1.2 Попередня очистка атмосферного повітря

Попередня очистка атмосферного повітря відбувається на фільтрі грубої очистки (Ф-2). Він встановлений перед компресором та забезпечує очищення повітря від грубих механічних домішок. Ступінь очищення повітря $E = 85\%$.

ДР 1.3 Компресування попередньо очищеного повітря

Повітря, позбавлене від механічних домішок, подається до компресора (К-3), де стискається до 0,35 МПа при температурі 200–250°C. Це робиться з метою можливості повітря подолати опір в системі підготовки повітря.

ДР 1.4 Виділення зайвої вологи

Після компресування повітря подається до теплообмінника-охолоджувача (Т-4), де його охолоджують до +25 °С з метою виділення зайвої вологи. Вологу виділяють за допомогою ресивера (Р-5). Вологість повітря має становити не більше 60%. Крім того, на даному етапі усувають пульсацію повітря, що може негативно вплинути на інші компоненти системи очищення повітря.

ДР 1.5 Нагрівання повітря

Повітря подається до теплообмінника-нагрівача (Т-6), де нагрівається до температури +35 °С. Це запобігає утворенню пари на волокнах фільтрів та стабілізує такі показники, як тиск та температуру повітря.

					<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Гріна А.С.</i>			<i>Розділ 5. Опис технологічної схеми отримання субстанції</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грегірчак Н.М.</i>					89	5
<i>Консульт.</i>						<i>Кафедра БТМ</i> 89		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стадніков В.П.</i>						

ДР 1.6 Тонка очистка повітря

Головна частина очищення повітря відбувається на головному фільтрі, або фільтрі тонкої очистки повітря (Ф-7). Ступінь очищення повітря становить 95%.

ДР 2. Зберігання культуральної рідини

ДР 2.1 Зберігання культуральної рідини

Після виробничого біосинтезу, що проходить у ферментері об'ємом 0,5 м³, культуральну рідину за допомогою перистальтичного насоса перекачують у збірник для культуральної рідини (З-8), об'ємом 300 л, з охолоджуючою сорочкою, де вона може зберігатись не більше ніж 12 год, при температурі 4°C. Об'єм культуральної рідини після біосинтезу становить 272 л.

ТП 3. Відокремлення біомаси

ТП 3.1 Центрифугування культуральної рідини

Зі збірника культуральну рідину перистальтичним насосом (Н-9) подають до центрифуги (Ц-10), для відокремлення біомаси від фугату. Центрифугування проходить при 5000 об/хв, протягом 15 хв, при 4°C. Дані параметри контролюються протягом всього періоду центрифугування, що відповідає карті контрольних точок виробництва. Відокремлену біомасу, масою 2,12 кг, перистальтичним насосом (Н-11) передають на подальшу стабілізацію до реактора (Р-13) (до ТП 4.1), а фугат, об'ємом 269,77 л, відправляють на знешкодження відходів.

ДР 4. Підготовка та стерилізація захисного середовища

ДР 4.1 Приготування та стерилізація розчину трегалози

Захисне середовище складається з двох основних частин: розчину трегалози певної концентрації та фосфатного буфера. На даному етапі відбувається приготування та стерилізація розчину трегалози. Концентрація трегалози у готовому захисному середовищі має становити 12% (мас./мас.). Отже, для приготування розчину у колбі Ерленмейера, об'ємом 1000 мл, у 500 мл питної води розчиняють 255 г трегалози. Після чого колбу відправляють у автоклав, де при 112°C, протягом 30 хв відбувається стерилізація розчину, що відповідає параметрам стерилізації вуглеводів.

ДР 4.2 Приготування та стерилізація 1 М розчину KH_2PO_4

Для буфера попередньо готують 1 М стокові розчини солей у 1 л колбах.

Для приготування 1 М розчину KH_2PO_4 у колбі необхідно розчинити 113,9 г KH_2PO_4 ($0,8374 \times 136,09$) у дистильованій воді. Довести об'єм розчину до 837,4 мл. Параметри стерилізації у автоклаві: 121°C, 20 хв.

ДР 4.3 Приготування та стерилізація 1 М розчину K_2HPO_4

Для приготування 1 М розчину K_2HPO_4 у колбі розчиняють 29,2 г K_2HPO_4 ($0,1674 \times 174,18$) у дистильованій воді та доводять об'єм розчину до об'єму 167,4 мл. Далі стерилізують у автоклаві при 121°C, протягом 20 хв.

ДР 4.4 Приготування фосфатного буфера

Об'єм буфера – 1,365 л, рН 6,5, концентрація: 0,73 М. Для приготування фосфатного буфера в окремій колбі змішують 837,4 мл 1 М розчину KH_2PO_4 та 167,4 мл 1 М розчину K_2HPO_4 та доводять об'єм розчину до 1365 мл стерильною водою.

ТП 5. Стабілізація біомаси

ТП 5.1 Змішування захисного середовища з біомасою

На наступному етапі технологічного процесу відбувається змішування захисного середовища з біомасою у співвідношенні 1:1. Для цього відокремлену біомасу, масою 2,12 кг, з центрифуги (Ц-10) (від ТП 3.1) в асептичних умовах перистальтичним насосом (Н-11) подають до реактора (Р-13), об'ємом 5 л. Попередньо в реакторі знаходиться простерилізований фосфатний буфер, крім того до реактора вносять простерилізований розчин трегалози. Змішування захисного середовища та біомаси відбувається протягом 15 хв, при швидкості змішування 100 об/хв. Загальний об'єм стабілізованої біомаси, при змішуванні 2,12 кг біомаси та 2,12 л захисного середовища, становить 4,24 л.

ТП 6. Сублімаційне сушіння препарату

ТП 6.1 Замороження препарату у шоківій морозильній камері

Враховуючи в'язкість препарату, стабілізовану біомасу передають за допомогою перистальтичного насоса (Н-14) по асептичному трубопроводу з реактора (Р-14) до низькотемпературної (шокової) морозильної камери (МК-15), де через стерильний шланг з фіксованим дозатором попередньо простерилізовані лотки заповнюються препаратом. Потік контролюється за допомогою дозатора з зовнішнього пульта. Після чого лотку поміщають в камеру шокової морозильної

камери. Оскільки сублімаційне сушіння препарату складається з декількох етапів, на першому етапі, перед початком сублімаційного сушіння, препарат попередньо заморожують, при температурі $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, протягом 3 год. Замороження здійснюється шляхом інтенсивного потоку холодного повітря, що подається до камери, де воно циркулює зі швидкістю 5 м/с, забезпечуючи швидке охолодження продукту. Швидкість зниження температури становить $-10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$. Таке швидке заморожування має позитивний вплив на подальшу життєздатність клітин, оскільки воно запобігає утворенню великих кристалів льоду всередині клітин та руйнуванню їх клітинної структури, а також мінімізує осмотичний стрес.

ТП 6.2 Сублімаційне сушіння препарату

Після замороження препарату у шоковій морозильній камері (МК-15) лотки дістають, накривають стерильними кришками та швидко поміщать в сублімаційну сушарку (С-16) для ліофілізації попередньо замороженого препарату. Сублімаційне сушіння препарату відбувається при температурі $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиску 5 Па, протягом 24 год. Досягнення заданих параметрів тиску досягається роботою вакуумного насоса. Також перед початком сублімаційного сушіння необхідно відкрити головну засувку сублімаційної сушарки. Після завершення етапу сублімаційного сушіння починають поступово збільшувати температуру теплоносія на $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, що призводить до поступового та рівномірного нагрівання препарату. Кінцева температура сублімованого препарату має становити $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає температурі досушування препарату.

ТП 6.3 Досушування препарату

Кінцевим етапом сублімаційного сушіння препарату є його досушування у камері сублімаційної сушарки при температурі $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, протягом 8 год, для забезпечення стабільності готового продукту. На кінцевому етапі сублімаційного сушіння тиск в камері вирівнюється, а камера заповнюється азотом.

ТП 7. Подрібнення та просіювання висушеного препарату

ТП 7.1 Подрібнення у молотковій дробарці

Після досушування препарату (ТП 6.3) в сублімаційній сушарці (С-16), ліофілізована біомаса знаходиться у вигляді твердих, однак крихких пластів,

розміщених на піддонах, які необхідно перемістити до молоткової дробарки. Для цього використовують спеціальний передавальний візок (ВП-17) та закривають піддони з біомасою стерильними кришками. При цьому необхідно забезпечити клас чистоти С в даному приміщенні, для попередження контамінації під час перенесення піддонів. За допомогою візку ліофілізований препарат надходить до молоткової дробарки (Д-18). Маса ліофілізованого препарату становить 1 кг, швидкість обертання молотків у дробарці 5000 об/хв, температура даного виробничого процесу становить $+30 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Також на подрібнення надходить відсів (від ТП 7.2) для повторного подрібнення. Оскільки конструкцією молоткової дробарки передбачено встановлення сита, відсів одразу передається на повторне подрібнення.

ТП 7.2 Просіювання препарату

Після подрібнення, препарат накривають стерильними кришками та за допомогою передавального візка (ВП-19) передають до вібраційного сита (В-20), де здійснюється просіювання подрібненого препарату для досягнення однакових за розміром частинок. Діаметр пор сита становить 0,15 мм. Маса просіяного препарату становить 0,97 кг. Далі препарат знову закривають стерильними кришками та за допомогою візку (ВП-21) направляють на пакування до вакуумної пакувальної машини (АП-22).

ПМВ 8 Пакування, маркування, відвантаження готової субстанції

ПМВ 8.1 Пакування субстанції у пакети по 100 г

Готовотова субстанція подається до вакуумної упаковочної машини (АП-22), де в стерильних умовах автоматично пакується в стерильні багатошарові пакети-саше, масою 100 г, та запаюється. Кількість пакетів становить 9 шт.

ПМВ 8.2 Маркування, відвантаження

Останнім етапом є маркування пакетів з упакованою субстанцією, що подаються з етапу пакування (від ПМВ 8.1) за що відповідає оператор з ручною етикувальною машиною, враховуючи невелику кількість пакетів. Маркування мають бути правильно нанесені. Також на даному етапі перевіряється цілісність пакування та відсутність механічних пошкоджень на ньому.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

6.1. Обґрунтування форми випуску готового напою

Готовим продуктом є функціональний ферментований напій на основі рослинної сировини, а саме – яблучного соку. Як пробіотичний компонент напою використано пробіотичні дріжджі *Saccharomyces boulardii*. Об'єм однієї порції становить 100 мл, з концентрацією життєздатних клітин 10^8 КУО/мл, що забезпечує загальну кількість 10^{10} КУО на порцію. Згідно з рекомендацією ВООЗ, дана добова норма вживання пробіотичних дріжджів *S. boulardii* є оптимальною для досягнення бажаної фізіологічної дії, включно з покращенням роботи шлунково-кишкового тракту, нормалізації кишкової мікробіоти, зменшення симптомів діареї, покращення метаболічних процесів та загального позитивного впливу на інші системи організму [79, 97]. Вибір об'єму та концентрації життєздатних клітин обумовлений особливістю штаму *S. boulardii* ATCC-MYA-796, обраного для виробництва напою, а також необхідністю забезпечення ефективності готового напою, його стабільності та зручності для вживання споживачами.

На сьогодні існує декілька основних форм випуску продукції з пробіотичними дріжджами *S. boulardii* серед яких: таблетки, капсули, порошки та рідини (напої) [45, 163, 164]. Використання *S. boulardii* для виробництва функціональних напоїв має ряд переваг, що орієнтовані на споживачів та мають певні технологічні особливості. Напій на основі яблучної сировини має приємні органолептичні властивості, що дозволяє доставляти клітини безпосередньо до шлунково-кишкового тракту в легкому для споживання форматі. Це є особливою перевагою для людей, що мають фагофобію, або інші труднощі при вживанні таблеток [163]. Крім того, яблучна сировина, використана для виробництва даного напою, забезпечує ряд інших корисних властивостей продукту, підвищуючи його харчову та функціональну цінність, а також покращуючи органолептичні властивості, що є значною перевагою

					<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Гріна А.С.</i>			<i>Розділ 6. Технологічні особливості отримання готового продукту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грегірчак Н.М.</i>					94	20
<i>Консульт.</i>						<i>Кафедра БТМ</i> 94		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стадніков В.П.</i>						

в порівнянні з іншими формами продукту [65]. В табл. 6.1 наведені основні переваги та недоліки форм випуску продукції на основі дріжджів *S. boulardii*.

Таблиця 6.1

Форми випуску продукції на основі дріжджів *S. boulardii*

Форма випуску	Переваги	Недоліки	Література
Капсули	Стабільність при зберіганні та транспортуванні, легке дозування	Не підходять людям з відразую до таблеток та проблемами з ковтанням	[163]
Таблетки	Легке дозування, стабільність	Дія сил стиснення під час формування таблеток, що можуть зменшувати життєздатність клітин, необхідність ковтання таблетки	[163]
Таблетки (шипучі)	Легке дозування, простота вживання, стабільність	Необхідність розчинення у воді перед вживанням, дія сили стиснення	[164]
Порошки	Стабільність, легкість дозування	Необхідність розчинення у рідині, не завжди приємний смак	[164]
Рідини (напої)	Легке дозування, простота вживання, стабільність, відсутність механічного стресу під час виготовлення, приємні смакові властивості, додаткові переваги від основи напою	Менш тривалий термін зберігання, необхідність дотримання температури зберігання напою	[62, 163]

Аналіз можливих форм випуску продукції з використанням *S. boulardii* свідчить про доцільність виробництва готового продукту у рідкій формі, а саме у вигляді ферментованого напою. Такий напій має ряд переваг, серед яких: легкість вживання, забезпечення додаткової поживної цінності, а також забезпечення оптимальних умов для збереження життєздатності та біодоступності пробіотичних

дріжджів протягом всього терміну зберігання [71, 110]. Рідкі матриці, до яких відносять і фруктові соки, зберігають достатню кількість життєздатних клітин та слугують додатковим захистом від дії зовнішніх факторів [78]. А ферментація напою дозволяє підвищити функціональну цінність продукту, підтримує метаболічну активність дріжджів та має значно менший стрес для клітин, що позитивно впливає на збереження стабільнішої життєздатності *S. boulardii* [79].

Однак, на збереження стабільності готового напою, окрім його рецептури, чи параметрів ферментації, також впливають зовнішні фактори, такі як вплив світла чи кисню. Мінімізувати чи повністю уникнути впливу цих факторів можливо за допомогою відповідного пакування.

6.2. Обґрунтування пакування готового напою

Для збереження стабільності готового функціонального напою важливо використовувати відповідне пакування, що забезпечує непроникність кисню чи вологи, є інертним, та згідно з останніми світовими тенденціями піддається переробленню. Сучасні виробники функціональних та пробіотичних напоїв розливають готову продукцію в HDPE (поліетилен високої щільності), PET (поліетилентерефталат) пляшки та скляні пляшки. Також одним з нових та революційних пакувань є асептичне пакування в картонні упаковки та пакетики з носиком, виробництва SIG та AnaBio.

Розлив напою в PET пляшки.

Поліетилентерефталат (ПЕТ/ PET) є поширеним матеріалом для виготовлення пластикових пляшок в харчовій промисловості, а також для виготовлення флаконів, чи пакування таблеток у фармацевтичній промисловості. Від природи даний матеріал є прозорим, що дозволяє покупцям бачити товар, який вони купують. Однак, на проєктованому підприємстві слід надавати переваги розливу напою в непрозорі пляшки для збереження стабільності напою. Даний матеріал гарно піддається переробленню, є легким, хімічно та термостабільним, не містить шкідливих хімічних речовин, та має чудові бар'єрні властивості проти вологи, ультрафіолетового випромінювання чи газів. Враховуючи його особливості він є

привабливим для виробників, що прагнуть мати низку креативних можливостей, експериментуючи з формою та кольором пакування, а також кришками [165, 166].

Sidel – є одним з виробників ПЕТ-пляшок, що пропонує міні-пляшки, об'ємом від 65 до 150 мл для молочних напоїв, соків чи інших безалкогольних напоїв. Керівник відділу новацій компанії вважає, що ПЕТ пакування напоїв “стає дедалі привабливішою альтернативою”. Використання пляшок такого об'єму надає виробникам високу продуктивність виробництва, зменшення викидів парникових газів та зменшення витрат. Вага пропоємої пляшки даної компанії, об'ємом 100 мл, лише 3,9 г. Використання таких надлегких пляшок дозволяє підвищити економічність та екологічність виробництва (рис 6.1.) [166].



Рис.6.1 ПЕТ-пляшка для напоїв, виробник Sidel [165]

Розлив напою в HDPE пляшки.

Поліетилен високої щільності (HDPE) є іншим універсальним термопластиком, що використовується в харчовій та фармацевтичній промисловості. Його перевагами є вологостійкість, хімічна стійкість, щільність, міцність та жорсткість, через що він має гарні бар'єрні властивості без використання багат шаровості. Також пляшки, виготовлені з даного матеріалу є термостійкими, ударостійкими, гнучкими та мають захист від ультрафіолету[167].

"Actimel" – це пробіотичний кисломолочний продукт, виробництва Danone, що є прикладом успішного використання HDPE-пляшок, об'ємом 100 мл. Крім того, компанія оголосила про значне скорочення використання пластику у своїх пакуваннях, через що пляшка більше немає етикетки з ПЕТ пластику. На самій

пляшці, вага якої менше ніж 6 г, нанесена основна інформація та алергени за допомогою тиснення, а детальна інформація нанесена на картонному пакуванні, що виготовляється з перероблених матеріалів (рис. 6.2). Тим самим компанія зменшила вуглецевий слід та покращила сталий розвиток виробництва [168, 169]. Крім того, компанія використовує фольговані кришки, з алюмінієвої фольги 8011, замість звичайних пластикових, що знижує вагу пляшки та зменшує кількість відходів. Такі кришки мають чудові бар'єрні властивості, є міцними та герметичними, а також піддаються переробленню. Матеріал кришок є нетоксичним та відповідає стандартам харчового класу [170].



Рис. 6.2 HDPE-пляшка напою "Actimel" [168]

Перевагами HDPE проти ПЕТ-пакування є його міцність та легкість, що дозволяє виготовляти легкі пляшки з меншою кількістю використаного пластику [164]. Собівартість виробництва HDPE дешевша, ніж ПЕТ. Також HDPE пакування легше піддається переробленню, оскільки в деяких регіонах майже відсутні можливості для перероблення ПЕТ-пакувань, а його розкладання в природних умовах в 10 разів швидше, за ПЕТ матеріалів [173].

Розлив напою в скляні пляшки.

Скляні пляшки залишаються актуальними протягом століть для пакування напоїв. Вони є хімічно інертним, має гарні бар'єрні властивості, термічну стабільність, придатні для перероблення та мають захист від ультрафіолетового випромінювання, при використанні кольорового скла. Також використання скляної тари додає преміальності продукту в очах споживачів. Однак недоліком даного матеріалу для виготовлення пляшок є його вища вартість, крихкість та більша вага, в

порівнянні з HDPE, PET пляшками. Це здорожчує виробництво та ускладнює транспортування продукту [172].

В скляні пляшки зазвичай розливають такі ферментовані напої, як комбуча. Для цього використовують пляшки з темно-зеленого чи коричневого скла, що обумовлено захистом напою від світла та змін його характеристик (рис. 6.3) [173]. Хоча деякі виробники надають перевагу пляшкам з прозорого скла, на користь візуальної переваги (рис. 6.4)[174].



Рис. 6.3 Напій Комбуча в пляшці з темного скла, виробник Смак життя[173]



Рис. 6.4 Напій Комбуча в пляшці з прозорого скла, виробник Wild Boocha[174]

На основі проведеного аналізу, пропонується використання HDPE-пляшок з фольговою кришкою для пакування функціонального ферментованого напою на основі *S. boulardii* ATCC-MYA-796. За основу пляшки для проєктованого напою взято дизайн пляшки напою "Actimel", що є економічним та екологічним у виробництві. На пляшці напою нанесена основна інформація за допомогою тиснення

на поверхні пляшки, а детальна інформація нанесена на картонну коробку для пакування пляшок.

6.3. Обґрунтування технологічних особливостей одержання ферментованого напою

Виробництво готового напою має декілька основних етапів, які включають стадії підготовки сировини та стадії виробництва самого напою. На рис 6.5 представлена загальна схема технологічних процесів виготовлення функціонального напою на основі пробіотичних дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796.

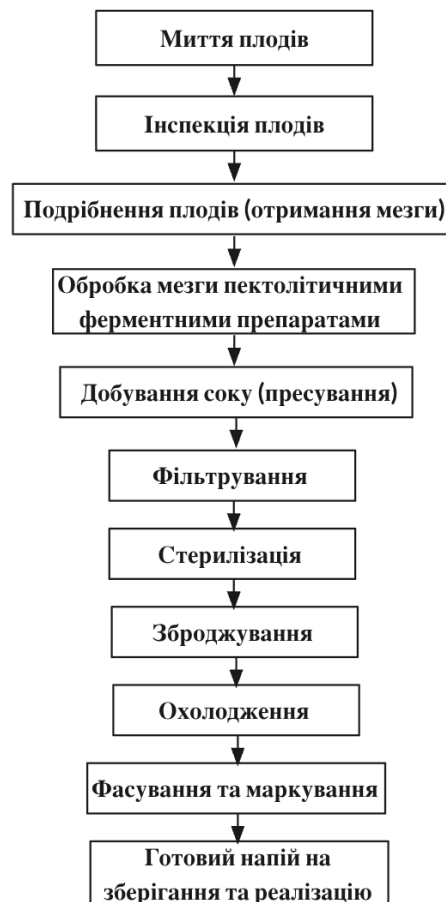


Рис. 6.5 Блок-схема виготовлення функціонального ферментованого напою з дріжджами *S. boulardii* ATCC-MYA-796

Першим етапом виробництва готового напою є підготовка субстрату для подальшої ферментації дріжджами.

Миття плодів. Першим етапом виробництва є миття яблук, які попередньо були доставлені та прийняті на підприємстві. Цей етап є важливим, оскільки під час миття з поверхні плодів видаляються забруднення, такі як земля, пестициди, а також епіфітна мікрофлора. Миття плодів відбувається в вентиляторних мийках, які є

простими у використанні та експлуатації, а також ефективними для роботи з великими об'ємами підприємства. Вода у таких мийках піддається турбулізації стислим повітрям від компресора, через що забруднення ефективно видаляються, а плоди не пошкоджуються, як, наприклад у барабанних мийках. Можливим недоліком вентиляторної мийки є утворення брудної піни зверху, через що конструкцією передбачено встановлення душі для ополіскування плодів на виході з апарату. На ефективність миття, окрім конструкційних особливостей апарату, також залежить тривалість миття, температура води, а також її кислотність та жорсткість[175]. Для доставлення плодів до мийки використовують гідротранспортер або стрічковий конвеєр з гумовими стрічками. Перевагою гідротранспортера є додаткове миття плодів перед вентиляторною мийкою, однак стрічковий транспортер є надійнішим, простішим в експлуатації та обслуговуванні. Враховуючи той факт, що на підприємстві нема потреби в додатковому митті сировини, з огляду на економічні аспекти, надамо перевагу саме стрічковим транспортерам[176].

Інспекція плодів. Наступним після миття є етап інспекції плодів. На даному етапі технологічного процесу працівники підприємства видаляють з конвеєра плоди, що не відповідають вимогам ДСТУ 7075:2009. До них відносять яблука, що були уражені шкідниками, гнилі плоди, чи ті, що мають інші дефекти. Робиться це з метою недопущення неякісної сировини для подальшого виробництва[177].

Подрібнення плодів (отримання мезги). Далі вимиті та відібрані плоди мають пройти етап попередньої підготовки перед витяганням соку. Він охоплює механічне подрібнення плодів з отриманням мезги, а також оброблення мезги пектолітичними ферментними препаратами. Механічне подрібнення сировини є основним способом впливу на рослинну сировину та рослинні тканини під час виробництва соку. Під час ефективного подрібнення пошкоджується якомога більше рослинних клітин. Від якості подрібнення залежить якість кінцевої продукції, а також вихід соку з сировини. При занадто дрібному подрібненні плодів мезга буде мати пюреподібну консистенцію, через занадто дрібні частинки, що буде забивати пори фільтрів та призводити до поганого пресування з малим виходом соку. При занадто великому подрібненні плодів, мезга буде мати великі шматки, з яких не вдасться вилучити весь

сік, через що пресування буде не ефективним. Тому важливо слідкувати за розміром подрібнених шматочків та консистенцією отриманої мезги. Вона має бути зернистою, пухкою та однорідною, з діаметром шматочків близько 3-6 мм. Для цієї мети використовують дробарки, що мають барабан та притискні колодки, відстанню між якими регулюється розмір подрібнених частинок[178].

Обробка мезги пектолiтичними ферментними препаратами. Для підвищення виходу соку застосовують обробку мезги пектолiтичними ферментними препаратами. Це дозволяє збільшити вихід соку в середньому на 5%, шляхом розщеплення пектинових речовин в складі сировини. Пектинові речовини містяться у складі плодів у вигляді нерозчинного у воді протопектину та розчинного у воді пектину. Вони є основними вологоутримуючими речовинами, які перешкоджають видаленню соку, тому їх розщеплення полегшує пресування сировини, підвищує вихід соку, а також його якість, знижуючи кількість осаду. Пектолiтичних ферментів додають у кількості 0,05 % від загальної маси мезги для розщеплення пектину – складного вуглеводу, що є компонентом клітинної стінки рослин. Одним з основних препаратів, що пропонується використовувати на виробництві -Пектофостидин, що містить в своєму складі пектин естерази. Активність даного препарату становить 10–35 од/год. Спочатку до нагрітого до 30–45°C соку додають фермент у співвідношенні 5:1 ретельно перемішують та залишають на 30 хв. Після чого дану суспензію змішують з мезгою у реакторі, нагрівають до 40–45°C та залишають на 2–4 год, залежно від активності ферменту. Враховуючи те, що на наступних технологічних етапах сік буде ферментуватись, до нього додають целюлазу у кількості 0,07%. Целюлаза гідролізує целюлозу на олігосахариди та глюкозу, покращуючи вихід соку, його якість та доступність субстрату для дріжджів під час ферментації. Даний етап не є обов'язковим для виробництва яблучного соку [73, 177].

Отримання соку (пресування). Після підготовки мезги її направляють на отримання соку. Основним способом отримання соку з яблук є пресування мезги. Під час пресування, під дією тиску, відбувається видалення соку з мезги, що вже був попередньо видалений з пошкоджених рослинних клітин на попередніх етапах. Саме

тому етап попередньої підготовки сировини настільки важливий, оскільки на етапі пресування неможливо видалити сік безпосередньо з клітин. Існує декілька типів пресів, однак для пресування яблучної сировини найбільшого поширення набули стрічкові преси. В них пресування відбувається в тонкому шарі, що має високу продуктивність та вихід готового продукту. Вихід соку на такому пресі становить 75–80%. Після пресування відбувається попередня фільтрація за допомогою фільтрів з діаметром пор близько 0,8 мм, для видалення великих частинок суспензії[179].

Фільтрування. Оскільки для ферментації найбільше підходять соки, що містять частину тонкодисперсної м'якоті, наступним етапом йде фільтрація соку, без його освітлення [180]. Цей етап передбачає видалення великих завислих частинок після пресування. При цьому в соку залишається частина клітковини, пектину, поліфенолів, через що напій має більше харчової цінності. Соки, що містять м'якіть з кожним роком набувають все більшої прихильності споживачів, адже згідно з проведеними дослідженнями вони мають у 4 рази більше користі, ніж освітлені соки. До того ж неосвітлені соки мають більш виражений смак та аромат продукту[181].

Для виробництва неосвітленого соку, що містить частину тонкодисперсної м'якоті, фільтрування здійснюють з використанням ротаційного барабанного фільтра. Він має високу продуктивність та ефективність фільтрації, дозволяє зберегти необхідну частину м'якоті після фільтрації, а також має систему автоматичного зчищення осаду з фільтра, що зменшує ризики його забивання. Діаметр пор у фільтрувальних елементах зазвичай становить від 100 до 800 мкм. Однак, існують деякі виробники, що мають широкий діапазон: від 10 до 1000 мкм. Для отримання неосвітленого яблучного соку оптимальним є діаметр пор 500 – 800 мкм. Це дозволяє видалити великі частинки, залишаючи дрібні волокна. Чим менший діаметр пор, тим менше м'якоті залишається в готовому напої [182, 183].

Стерилізація. На завершальному етапі виробництва соку, що є субстратом для ферментації напою, перед початком зброджування, його стерилізують. Для цього сік нагрівають до температури 100-112°C, а потім охолоджують до 40°C. Це дозволяє

знищити патогенні мікроорганізми, що містяться в соку та забезпечити його ефективну ферментацію без контамінації та тривале зберігання[178].

Зброджування. Найважливішим етапом виробництва функціонального ферментованого напою є його ферментація. На цьому етапі до стерилізованого соку додають ліофілізовану дріжджову біомасу – 0,1 г/л, та зброджують сік у реакторі протягом 24 год при температурі $28\pm 1^\circ\text{C}$. Ферментація проводиться в аеробних умовах з постійним перемішуванням зі швидкістю 50 об/хв. Дані параметри ферментації дозволяють отримати готовий напій з концентрацією життєздатних клітин 10^8 КУО/мл та мінімізувати утворення етанолу шляхом зниженої температури та скорочення часу ферментації [1, 79].

Охолодження. По завершенню ферментації готовий напій необхідно охолодити до температури 4...5°C, що є температурою зберігання готового продукту. Цей етап необхідний для збереження якості та функціональних властивостей напою[1].

Фасування та маркування. Готовий напій розливають в пляшки об'ємом 100 мл, наносять необхідні маркування згідно з вимогами ДСТУ та направляють на зберігання та реалізацію.

6.4 Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

Для підбору технологічно обладнання та його специфікації необхідно врахувати, на яку кількість сировини та готового продукту воно має бути розраховано. Згідно з попередніми розрахунками за один цикл виробництва отримують 900 л готового напою (9000 порцій по 100 мл). Для цього необхідно 901,5 л яблучного соку.

Вихід соку з яблук становить близько 80%, оскільки є частина втрат на кожному з етапів технологічного процесу: інспектування плодів – 2%; подрібнення – 1%; обробка мезги пектолітичними ферментними препаратами – 1%; пресування мезги – 10%; фільтрування – 4%; стерилізація – 1%; фасування – 1%.

Відповідно для отримання 901,5 л л соку (900 л готового напою) необхідно 1,15 т яблук за цикл (табл. 6.2). У табл. 6.2 наведено підбір технологічного обладнання з врахуванням приблизних матеріальних потоків по стадіях.

Таблиця 6.2

Підбір технологічного обладнання з врахуванням матеріальних потоків по стадіях

№ п/п	Назва стадії (операції)	Матеріальні потоки на стадіях	Кількість по стадіях			Необхідне обладнання
			Надійшло	Витрати	Вийшло	
1	2	3	4	5	6	7
ДР 1 Підготовка плодів						
1	ДР 1.1 Миття плодів	Яблука	1,15 т	–	1,15 т	Мийка для яблук
2	ДР 1.2 Інспектування плодів	Яблука	1,15 т	2% (0,023 т)	1,127 т	Інспекційний конвеєр, з інспекцією оператором
ДР 2 Подрібнення плодів						
3	ДР 2.1 Подрібнення	Яблука	1,127 т	1% (0,011 т)	1,116 т	Дробарка для фруктів
4	ДР 2.2 Зберігання мезги	Мезга	1,116 т	–	1,116 т	Резервуар на 1,5 м ³
ТП 3 Оброблення мезги						
5	ТП 3.1 Обробка мезги пектолітичними ферментними препаратами	Мезга	1,116 т	1% (0,011 т)	1,105 т	Ферментер об'ємом 1,5 м ³
		Пектолітичні ферментні препарати	0,00056 т (0,05% від кількості мезги)	–		
ТП 4 Пресування мезги						

Продовження табл. 6.2

6	ТП 4.1 Пресування	Мезга	1,105 т	10% (0,11 т)	0,995 т	Стрічковий прес
		Вичавки	0,11 т	–	0,11 т	Резервуар об'ємом 200 л
7	ТП 4.2 Вирівнювання потоку перед фільтрацією	Сік	948,6 л (0,995 т /1,05)	–	948,6 л	Буферний резервуар (сокоприймальник) об'ємом 1 м ³
ТП 5 Фільтрування соку						
8	ТП 5.1 Фільтрування	Сік	948,6 л	4% (38 кг)	910,6 л	Фільтрувальна установка
		Фугат	38 кг	–	38 кг	Резервуар об'ємом 200 л (ТП 4.1)
9	ТП 5.2 Зберігання відфільтрованого соку	Сік	910,6 л	–	910,6 л	Резервуар об'ємом 1 м ³
ТП 6 Стерилізація соку						
10	ТП 6.1 Стерилізація	Сік	910,6 л	1% (9,1 л)	901,5 л	Промисловий трубчастий стерилізатор для фруктових соків
ТП 7 Зброджування напою						
11	ТП 7.1 Зброджування	Сік Біомаса	901,5 л + 180,3 г біомаси	–	901,5 л	Ферментер об'ємом 1,5 м ³
ТП 8 Охолодження						
12	ТП 8.1 Охолодження напою	Напій	901,5 л	–	901,5 л	Ферментер об'ємом 1,5 м ³
ПМВ 9 Фасування та маркування						

Завершення табл. 6.2

13	ПМВ 9.1 Розлив напою	Готовий напій	901,5 л	1% (1,5 л)	900 л = 9000 пляшок по 100 мл	Апарат для фасування напою в асептичних умовах в пляшки по 100 мл
14	ПМВ 9.2 Маркування	Пляшки з напоєм	–	–	–	Апарат для нанесення маркування

6.5 Специфікація обладнання

Враховавши технологічний процес виробництва готового напою, матеріальні потоки по стадіях та необхідне обладнання на кожній зі стадій, у табл. 6.3 наведена специфікація обладнання.

Таблиця 6.3

Специфікація обладнання

Позиція	Найменування	Кількість	Технічна характеристика
1	2	3	4
М-1	Мийка для плодів	1	Бульбашково-спрейна мийка SRSC-100 з аерацією (Китай). Продуктивність: 50 т/год, підходить для миття яблук [184].
К-2	Конвеєр для плодів	1	Сортувальний/інспекційний конвеєр (Criveller). Матеріал корпусу: AISI 304. Конвеєрна стрічка з нетоксичного матеріалу, регульовані ніжки, поворотні колеса, регулювання швидкості [185].
Д-3	Дробарка для яблук	1	Дробарка (млин) для яблук та груш CM50 (Bucher Uniprektion). Продуктивність: 30 т/год. Вага: 700 кг. Габаритні розміри (мм): 2150 x 804 x 660. Підключене навантаження: 34 кВт, 400 В [186].
ШТ-4 ШТ-11	Шнековий транспортер	4	Шнековий транспортер (АГРОТЕХКОМ). Регулювання швидкості переміщення та подачі матеріалу, закритий простір[187].
Н-5 Н-7 Н-10 Н-13 Н-21	Шнековий насос	1	Шнековий насос (Bellin). Матеріал: нержавіюча сталь AISI 316. Швидкість обертання: 200-500 об/хв, пропускна здатність 260 м ³ /год[188].
Р-6	Резервуар для зберігання мезги	1	USA Lab 1500L Stainless Steel Jacketed Storage Vessel. Робочий об'єм: 1,5 м ³ . Матеріал: нержавіюча сталь 304. Оснащений сорочкою. Температура: від -40°C до 200°C. Внутрішній діаметр (мм): 1400 [189].
ДЗ-8	Об'ємно-ваговий дозатор	1	Ваговий дозатор FLEX W40. Матеріал: нержавіюча сталь. Продуктивність: 1000 кг/год. Точність дозування: від 0,5 до 2%[190].
Ф-9	Ферментер	1	Ферментер об'ємом 1,5 м ³ (HGMC). Матеріал: нержавіюча сталь AISI 304. Оснащений сорочкою, шнековою мішалкою потужністю 200–500 об/хв, датчиками рН, рО ₂ , наповнення. Встановлені датчики температури та тиску[191].

П-11	Прес	1	Стрічковий прес великої потужності (Flottweg). Можливість виготовлення апарату на замовлення. Матеріал: нержавіюча сталь. Двостічковий прес продуктивністю: 45 т/год. Потужність двигуна: 5,5 кВт, СІР очищення, можливість безперервного процесу [192].
Р-14	Резервуар для вичавок	1	Резервуар об'ємом 200 л (Німеччина). Матеріал: нержавіюча сталь AISI 304. Висота: 175 см, діаметр: 48 см[193].
Н-15 Н-17 Н-19 Н-22 Н-24 Н-26	Відцентровий насос	6	Високоєфективний відцентровий насос LME (Ampro GmbH, Німеччина). Матеріал корпусу: нержавіюча сталь AISI 316 L, матеріал адапторів: нержавіюча сталь AISI 304. Максимальний потік 200 м ³ /год. Привід: 60 Гц, до 3000 об/хв, двигун ІЕС[194].
Р-16	Буферний резервуар (сокоприймальник)	1	Резервуар об'ємом 1 м ³ . Матеріал: нержавіюча сталь 304. Внутрішні розміри (мм): 1000 x 970, зовнішні розміри (мм): 1200 x 780. Оснащений сорочкою[195].
Ф-18	Ротаційний барабанний фільтр	1	Ротаційний барабанний фільтр для фільтрації соків (ВТЕ). Матеріал: нержавіюча сталь. Можливість безперервної роботи, продуктивність: 100 м ³ /год. Габаритні розміри (см): 220*150*180. Діаметр пор фільтра (мм): 0,1–0,5. Вага (кг): 1000 [196].
Р-20	Резервуар для відфільтрованого соку	1	Резервуар об'ємом 1 м ³ . Матеріал: нержавіюча сталь 304. Внутрішні розміри (мм): 1000 x 970, зовнішні розміри (мм): 1200 x 780. Оснащений сорочкою [195].
С-23	Трубчастий стерилізатор	1	Автоматичний трубчастий стерилізатор УНТ для фруктового соку (EasyReal). Матеріал: нержавіюча сталь SUS 304 та нержавіюча сталь SUS316L. Продуктивність до 50000 л/год. Система керування Siemens, температура нагрівання: 85 ~ 150 °С [197].
Ф-25	Ферментер	1	Ферментер об'ємом 1,5 м ³ (HGMC). Матеріал: нержавіюча нержавіюча сталь AISI 304. Оснащений сорочкою, лопатевою мішалкою потужністю 200 об/хв, датчиками рН, рО ₂ , заповненості ферментера. Встановлені датчики температури та тиску [191].

ЛР-27	Асептична лінія розливу	1	Асептична лінія розливу GEA Modulbloc. Матеріал: нержавіюча сталь. Підходить для стерилізації HDPE пляшок (пероцтовою кислотою з подальшим промиванням стерильною водою), оснащений HEPA фільтрами, конструкцією промивних форсунок GEA, модулем стерилізації, наповнення та закупорення кришкою[198].
ЕМ-28	Етикетувальна машина	1	Етикетувальна машина Onitex L100. Продуктивність: 3000 пл./год (100 мл). Матеріал: нержавіюча сталь[199].

6.6. Опис технологічної схеми виготовлення готового напою

ДР 1. Підготовка плодів

ДР 1.1. Миття плодів

Яблука, що надходять на підприємство, першим чином направляються на бульбашкову-спрейну мийку для плодів (М-1), де промиваються водою температурою $20 \pm 1^\circ\text{C}$ для очищення від бруду, листя, залишків воску. Вага яблук, необхідна для одного виробничого циклу становить 245260 кг.

ДР 1.2. Інспектування плодів

Наступним етапом підготовки плодів – є їх інспектування. Від мийки (від ДР 1.1.) промиті яблука надходять на конвеєр (К-2), де, проходячи по конвеєру, інспектуються оператором підприємства. Він відбирає яблука, що не відповідають встановленим вимогам до яблучної сировини для виробництва соку. Якісні плоди, що відповідають вимогам, по конвеєру (К-2) направляються до дробарки (Д-3). Плоди, що не пройшли інспекцію направляються на знешкодження (до ЗВ 10.2.).

ДР 2. Подрібнення плодів

ДР 2.1. Подрібнення

Відібрані плоди надходять до дробарки (Д-3) (від ДР 1.2). Подрібнення плодів відбувається при температурі $20 \pm 1^\circ\text{C}$. На виході з дробарки утворюється мезга (1,116 т), що подається в резервуар для зберігання мезги (до ДР 2.2).

ДР 2.2. Зберігання мезги

Від дробарки (Д-3) за допомогою шнекового транспортера (ШТ-4), що з'єднаний з шнековим насосом (Н-5) мезга подається в резервуар для зберігання мезги (Р-6), де вона знаходиться не довше ніж 5 год при температурі $15 \pm 1^\circ\text{C}$.

ТП 3. Обробка мезги

ТП 3.1. Обробка мезги пектолітичними ферментними препаратами

Для збільшення виходу соку після пресування, попередньо подрібнену мезгу (від ДР 2.2) за допомогою шнекового насоса (Н-7) подають до попередньо простерилізованого ферментара (Ф-9). Через об'ємно-ваговий дозатор (ДЗ-8) до мезги (1,116 т) у ферментері додають пектолітичний ферментний препарат "Пектофоедин". Кількість препарату становить 0,05% від ваги мезги, тобто 0,56 кг. Ферментер закривають та протягом 2 год, при температурі $45 \pm 1^\circ\text{C}$ з постійним перемішуванням зі швидкістю 10 об/хв відбувається обробка мезги.

ТП 4. Пресування мезги

ТП 4.1. Пресування

Після обробки мезги ферментним препаратом, за допомогою шнекового насоса (Н-10), підготовлена мезга (від ТП 3.1) доставляється до двострічкового пресу (П-11). Етап пресування займає близько 5 год. Сировина рівномірно розподіляється по всій поверхні стрічки, для ефективного пресування. Стрічки пресу поступово рухаються між роликками, створюючи тиск на мезгу, в результаті чого виділяється сік, який стікає у жолоби, по яким сік потрапляє у збірний піддон. Вичавки, що залишаються після пресування, зішкрібаються скребком зі стрічок пресу, а потім, за допомогою шнекового транспортера (ШТ-12), що з'єднаний з шнековим насосом (Н-13) направляються до резервуара для зберігання вичавок (Р-14).

ТП 4.2. Вирівнювання потоку перед фільтрацією

Оскільки пресування відбувається не з постійною швидкістю, подавати сік одразу після пресування до фільтрувальної установки не є безпечним та надійним. Для вирівнювання та стабілізації потоку перед фільтрацією, сік (від ТП 4.1) спершу відцентровим насосом (Н-15) подається до буферного резервуару (Р-16).

ТП 5 Фільтрування соку

ТП 5.1. Фільтрування соку

Після того, як весь сік, об'ємом 948,6 л, надійде до резервуару (Р-16), іншим відцентровим насосом (Н-17) його подають до ротаційного барабанного фільтра (Ф-18). Діаметр пор фільтра становлять 0,4 мм, що є оптимальним для

відокремлення великих завислих частинок та залишення частини клітковини, харчових волокон та поліфенолів, корисних для споживача та необхідних для подальшого зброджування напою. Етап фільтрування займає близько 4 год. Фугат, що утворився в результаті фільтрування, масою 38 кг, шнековим насосом (Н-21) подається до резервуару для зберігання вичавок (Р-14), щоб в подальшому надійти на переробку(до ЗВ 10.1).

ТП 5.2. Зберігання відфільтрованого соку

Відфільтрований сік (від ТП 5.1.), об'ємом 910,6 л, відцентровим насосом (Н-19) подається до резервуару для зберігання відфільтрованого соку (Р-20). Температура зберігання становить $4 \pm 1^\circ\text{C}$, час не має перевищувати 12 год.

ТП 6. Стерилізація соку

ТП 6.1. Стерилізація відфільтрованого соку

Одним з головних етапів виробництва напою та досягнення його стабільності є стерилізація. Насосом (Н-22) сік перекачують з резервуара (від ТП 5.2) до трубчастого стерилізатора (С-23). Проходячи по трубах стерилізатора, що нагріваються за рахунок насиченої пари, сік швидко та рівномірно нагрівається до $112 \pm 1^\circ\text{C}$. Час проходження по трубах та час стерилізації при підтриманні температури становить 1 хв. Після проходження по трубах сік так само швидко остигає до температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

ТП 7. Зброджування напою

ТП 7.1. Зброджування

Після стерилізації сік, за допомогою відцентрового насоса (Н-24), надходить до попередньо простерилізованого ферментаційного резервуара (Ф-25), де відбувається ферментація напою. До соку, об'ємом 901,5 л, в асептичних умовах вносять 108,3 г ліофілізованої біомаси *S. boulardii* АТСС-МҮА-796. Ферментація проходить протягом 24 год при температурі $28 \pm 1^\circ\text{C}$, в аеробних умовах з постійним перемішуванням зі швидкістю 50 об/хв. В результаті стерилізації виходить готовий напій з концентрацією життєздатних клітин 10^8 КУО/мл, який необхідно охолодити перед розливом.

ТП 8. Охолодження напою

ТП 8.1. Охолодження

Оскільки ферментація (ТП 7.1) проходила при температурі $28 \pm 1^\circ\text{C}$, а розлив та зберігання напою здійснюється при $4 \pm 1^\circ\text{C}$, напій попередньо охолоджують у ферментері (Ф-25) до $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

ПМВ 9. Фасування та маркування

ПМВ 9.1. Розлив напою

Охолоджений до температури розливу напій подають за допомогою відцентрового насосу (Н-26) до асептичної лінії розливу (ЛР-27). У попередньо простирелізовані пляшки, об'ємом 100 мл, в асептичних умовах розливають готовий напій. Пляшки стерилізують пероцтовою кислотою у концентрації 0,5%, час обробки становить 45 сек, з подальшим промиванням стерильною водою. Асептичні умови досягають за рахунок наявності НЕРА фільтрів на самій лінії розливу. Кількість пляшок після одного виробничого циклу – 9000 шт.

ТП 9.2. Маркування

Після розливу (від ПМВ 9.1) на пляшки наносять необхідні маркування за допомогою етикетувальної машини (ЕМ-28).

ЗВ 10. Знешкодження відходів

ЗВ 10.1. Знешкодження яблучних відходів

Після виробництва залишається близько 170 кг яблучних відходів за цикл (від ДР 1.2, ТП 4.1, ТП 5.1). Відходи збирають в резервуарі (Р-11) для їх подальшої утилізації та передачі іншим компаніям в якості корму для тварин чи сировини для виробництва біогазу. Це дозволяє не накопичувати відходи та використовувати весь потенціал яблучної сировини.

ЗВ 10.2. Знешкодження твердих відходів

Основну частину твердих відходів на підприємстві становлять залишки пакувальних матеріалів, папір та скло (від ТП 9.1, Тп 9.2). Утилізація таких відходів передбачає їх правильне збирання в контейнери, з дотриманням відповідних умов зберігання, та подальшу їх передачу до відповідних компаній, що займаються їх утилізацією.

РОЗДІЛ 7. КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

7.1. Карта контрольних точок виробництва субстанції

Упродовж всього виробничого процесу, включаючи післяферментаційні етапи, необхідно проводити контроль виробництва, для забезпечення необхідної якості та стабільності готової субстанції. У табл. 7.1 розроблена карта контрольних точок виробництва, що охоплює всі післяферментаційних стадії виробництва.

Таблиця 7.1

Карта контрольних точок післяферментаційних стадій виробництва

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю та показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та відбору проб	Нормативні значення показника
1	2	3	4	5
Кт 1.1 Зберігання культуральної рідини	Культуральна рідина, що надходить в збірник на зберігання. Температура, час	Термометр технічний, годинник	Протягом всього часу зберігання культуральної рідини	$T = 4 \pm 1^\circ\text{C}$, $t \leq 12$ год
Кт 2.1 Центрифугування культуральної рідини	Культуральна рідина. Параметри центрифугування: частота обертання, температура, час	Термометр технічний, годинник, тахометр	Вимірюється та підтримується під час всього технологічного процесу	$n = 5000$ об/хв, $t = 15$ хв, $T = 4^\circ\text{C}$
Кт 3.1 Приготування захисного середовища	Захисне середовище. Частота обертання, час, об'єм	Годинник, тахометр, ваги технічні	Вимірюється та підтримується протягом всього технологічного процесу	$n = 150$ об/хв, $t = 15$ хв, $V = 42,8$ л
Кт, Км 3.2 Стерилізація захисного середовища	Захисне середовище. Тиск, температура, час, стерильність	Манометр, термометр, годинник, мікробіологічний метод контролю	Визначення та підтримання температури, тиску, часу. Мікробіологічний контроль	$t = 30$ хв, $P = 0,05$ МПа, $T = 112-115^\circ\text{C}$ відсутність мікробіоти

<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>				
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
Разроб.		Гріна А.С.		
Перевір.		Грегірчак Н.М.		
Консульт.				
Н. Контр.				
Затверд.		Стадніков В.П.		
<i>Розділ 7. Контроль виробництва</i>			Літ.	Арк.
				114
			<i>Кафедра БТМ₁₁₄</i>	

Завершення табл. 7.1

Кт 4.1 Змішування захисного середовища з біомасою	Стабілізована біомаса. Частота обертання, час	Годинник, тахометр	Вимірюється та підтримується протягом всього процесу	n = 100 об/хв, t = 15 хв,
Кт 5.1 Замороження препарату у морозильній камері	Стабілізована біомаса. Температура, час	Годинник, термометри технічний	Вимірюється та підтримується протягом всього часу замороження	t = 3 год, T = -80°C
Кт 5.2 Сублимаційне сушіння препарату	Заморожений препарат. Температура, час, тиск	Манометр, термометр, годинник	Вимірюється на початку та підтримується протягом всього сублимаційного сушіння	t = 24 год, T = -50±1°C, P = 5 Па
Кт 5.3 Досушування препарату	Ліофілізований препарат. Температура, час	Термометр технічний, годинник	Вимірюється на початку та підтримується протягом всього процесу досушування	t = 10 год, T = +24±1°C
Кт 6.1 Подрібнення у молотковій дробарці	Ліофілізований препарат. Частота обертання, температура	Тахометр, термометр технічний	Контролюється протягом всієї стадії подрібнення	n = 5000 об/хв, T = ≤30 ±1°C
Кт 6.2 Просіювання препарату на ситі	Подрібнений препарат. Діаметр пор сита	Прилад для визначення розміру пор	Контролюється перед початком просіювання	d = 0,15 мм
Кт, Км 7.1 Пакування субстанції у пакети по 100 г	Готовий препарат. Маса та кількість пакетів, відсутність сторонньої мікробіоти	Ваги, паспорт на пакувальну машину	Після завершення пакування	m = 100 г, відсутність сторонньої мікробіоти, n = 14 шт
Кт, Км 7.2 Пакування субстанції у пакети по 1000 г	Готовий препарат. Маса та кількість пакетів, відсутність сторонньої мікробіоти	Ваги, паспорт на пакувальну машину	Після завершення пакування	m = 1000 г, відсутність сторонньої мікробіоти, n = 18 шт
Кт 7.3 Маркування, відвантаження	Готовий препарат. Механічні пошкодження, маркування	Візуальний метод контролю	Після завершення пакування	Відсутність механічних пошкоджень, правильність маркування

7.2. Підбір сучасних методів контролю виробництва субстанції

7.2.1. Мікробіологічний контроль.

Метою мікробіологічного контролю підприємстві є виявлення сторонніх мікроорганізмів на відповідних етапах виробництва, де це передбачено контрольними точками виробництва, та шляхів їх потрапляння. Мікробіологічний контроль проводиться систематично лабораторією, розміщеною на підприємстві, на підставі затверджених нормативних документів, що зазначають методики проведення контролю та допустимі значення кожного з показників[200].

Для забезпечення стабільності готової субстанції та безпечності готового продукту на проєктованому підприємстві необхідно проводити мікробіологічний контроль виробництва на стадії стерилізації захисного середовища, для уникнення контамінації біомаси, та на стадії пакування готової субстанції. Відбір проб здійснюється з кожної партії готової субстанції під час пакування. Субстанція, що не відповідає встановленим нормам відправляється на знешкодження. Крім того, контролюють органолептичні та фізико-хімічні показники готової субстанції.

Мікробіологічний контроль захисного середовища.

Стандартним методом визначення мікробіологічної стерильності середовищ, в нашому випадку для контролю стерильності захисного середовища для стабілізації дріжджової біомаси, є відбір проби простерилізованого середовища та прямий висів його на відповідні диференційні середовища у чашках Петрі. Для можливості виявлення різних мікроорганізмів використовують різні поживні середовища: сусло-агар (СА) – для виявлення наявних у середовищі грибів та дріжджів; м'ясо-пептонний агар (МПА) – для виявлення наявних бактерій.

Для проведення донного методу, після завершення стерилізації захисного середовища з нього в асептичних умовах відбирають пробу у розмірі 50 мл. У попередньо простерилізовані у сухожаровій шафі чашки Петрі (режим стерилізації: 170 ± 10 °C, 2 год) розливають підготовлене, простерилізоване та розігріте до 55 ± 5 °C поживне середовище. В кожну чашку вносять близько 20 мл середовища та дають йому застигнути, залишаючи чашки Петрі на горизонтальній поверхні. Після цього з попередньо відібраної проби, простерилізованою піпеткою, відбирають по 0,1–0,2

мл захисного середовища та розсівають його на підготовлені чашки Петрі з відповідними диференційними середовищами, рівномірно розподіляючи його по поверхні шпателем Дригальського. Після розсіву чашки закривають, загортають в папір та ставлять у термостат, при температурі $30 \pm 2^\circ\text{C}$. Аналіз посівів можна починати здійснювати з 6–8 год за допомогою візуального контролю, оцінюючи наявність росту мікроорганізмів на поверхні середовищ[201].

Мікробіологічний контроль готової субстанції.

На проєктованому виробництві готовою субстанцією є ліофілізована біомаса дріжджів *S. boulardii* ATCC-MYA-796. Мікробіологічний контроль виробництва дріжджів здійснюється на багатьох стадіях виробництва, починаючи з сировини, що надходить на виробництво і закінчуючи контролем готової продукції. Мікробіологічний контроль на післяферментаційних етапах виробництва включає: контроль концентрації життєздатних клітин в готовій субстанції, що є важливим для подальшої ферментації; та мікробіологічний контроль відсутності сторонньої мікробіоти в готовій субстанції.

Проби готової субстанції відбирають згідно з ДСТУ 8051:2015 “Продукти харчові. Методи відбирання проб для мікробіологічних аналізів”, або згідно зі спеціальними домовленостями між зацікавленими сторонами чи згідно з іншими чинними нормативними документами. Згідно з ДСТУ 8446:2015 проби рекомендується відбирати з дотриманням асептичних умов, у спеціально призначених місцях (боксах). Якщо продукт міститься у пакуванні, попередньо перед відбиранням проб треба очистити місце відкриття 70% етиловим спиртом. Проби порошоків збираються в стерильні паперові пакети. Всі прилади та посуд, що для цього використовується також має бути попередньо простерилізованим. Проби готують згідно з ДСТУ 7963. Час між приготуванням суспензії, тобто розведенням проби, та проведенням контролю (наприклад висівом на поживне середовище) не має перевищувати 15 хв.

Приміщення лабораторії має відповідати вимогам ДСП 9.9.5-080.

Крім мікробіологічного контролю, паралельно проводять візуальний контроль готового препарату, визначаючи його колір, текстуру та запах, що має відповідати

встановленим вимогам. Дріжджовий препарат має мати світло-сірий, чи жовтувато-білий колір, однорідну порошкоподібну консистенцію та характерний дріжджовий запах[197].

Концентрація життєздатних клітин в готовій субстанції.

Існує декілька методів визначення кількості життєздатних клітин в готовій субстанції, однак не всі з методів можна застосувати промислових масштабах. Стандартним методом контролю є метод Коха, а більш сучасним методом виділяють проточний цитометричний аналіз, значною перевагою якого є коротший термін проведення контролю.

Метод Коха. Кількість життєздатних клітин *Saccharomyces boulardii* визнають як частку клітин, що здатні розмножуватись після сублімаційного сушіння при інкубації в стандартних лабораторних умовах. Для цього використовують стандартний метод Коха (метод висіву на відповідне агаризоване середовище), при якому готують ряд десятикратних розведень. Для нього попередньо відібрану пробу готової субстанції розводять у стерильній воді, після чого готують ряд послідовних розведень у стерильній воді чи фізіологічному розчині (0,5% водний розчин NaCl). Стандартними вважаються десятикратні розведення: 1:10, 1:100, 1:1000[202].

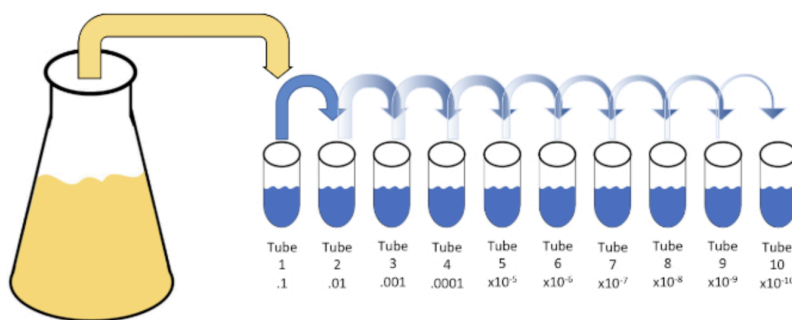


Рис.7.1 Схема приготування послідовних десятикратних розведень[203]

Важливо правильно проводити аналіз та пам'ятати, що кожне нове розведення необхідно проводити новою піпеткою, а все обладнання та посуд має бути попередньо простерилізовані[202].

В простерилізовані чашки Петрі розливають по 20–25 мл нагрітого сабуро-агару з хлорамфеніколом та дають середовищу застигнути. Після чого роблять висіви відповідних розведень та розподіляють суспензію по поверхні агаризованого середовища стерильним шпателем Дригальського. Приготування серійних розведень є найпростішим способом отримання керованої концентрації досліджуваних мікроорганізмів. Ступінь розведень залежить від передбачуваної кількості дріжджових клітин в зразку. Після висіву чашки закривають, загортають в папір та інкубують при $+30\pm 1^\circ\text{C}$ протягом 72 год. Після завершення інкубації на поверхні чашок підраховують утворені колонії та виражають результат як КУО/г сухої дріжджової біомаси[203]. Для цього вираховують середнє значення кількості підрахованих колоній з трьох чашок, множать на коефіцієнт розведення та ділять на кількість аліквотованого матеріалу[204].

Допустимим значенням є: $\geq 10^9$ КУО/г.

Метод проточного цитометричного аналізу. Даний метод базується на вимірюванні внутрішньоклітинного рН, що відрізняється у життєздатних та відмерлих клітин за рахунок ряду реакцій, що відбуваються в середині життєздатних клітин. Під час розмноження дріжджів, вони вивільняють протони, що безперервно перекачуються проти градієнта з цитозолу в позаклітинне середовище, за допомогою плазматичної мембранної-АТФаза, для підтримання оптимального рівня внутрішньоклітинного рН та зменшити кислотність цитоплазми. Висока швидкість екструзії протонів, тобто їх виведення з клітини, вказує на швидкий внутрішньоклітинний метаболізм. Своєю чергою, високий внутрішньоклітинний рН вказує на те, що клітина активно виводить протони, має гарну метаболічну активність клітини та життєздатність. Клітини, що мають найвище значення внутрішньоклітинного рН мають найкращу життєздатність. В той час, як клітини, що мають показники рН 5.0 або нижче – втрачають здатність до контролю над кислотно-лужним балансом в цитоплазмі та, відповідно, мають гірший метаболізм чи його повне зупинення, що призводить до відмирання клітин.

Підготовка зразка. Відібрану пробу субстанції ресуспендують у 10 мл фізіологічного розчину (NaCl 0,9%). Можливе зберігання ресуспендованого зразка

при 1°C протягом максимум 24 годин. Для кращого осадження суспензію центрифугують при 3600 об/хв, протягом 4 хв, при 4°C. Нижню фракцію збирають (0,5 см³) та ресуспендували в 3 мл буфера для завантаження (50 мМ лимонно-динатрієво-гідрофосфатний буфер (рН 3,0, що містить 110 мМ NaCl, 5 мМ KCl та 1 мМ MgCl₂ при 1°C). Субстанцію тричі промивають буфером та ресуспендують в 0,75 мл буфера.

Фарбування клітин. Для фарбування клітин використовують нефлуоресцентну, естерифіковану форму Карбоксифлуоресцеїну– 5,6-карбоксифлуоресцеїндіацетат (CF-DA). Дана речовина краще проходить через клітинні мембрани, ніж її неестерифікований аналог, саме тому їй надають перевагу. Попередньо CF-DA розчиняли в диметилсульфоксиді до 10 мМ.

Клітини фарбують, додаючи до суспензії 0,075 мл 10 мМ підготованого розчину для фарбування та струшують протягом 1 хв. Після чого відбирають 0,25 мл пофарбованої суспензії, змішують з 8 мл попередньо підготовленого буфера (0,0275 мМ CF-DA) та поміщають на 15 хв на водяну баню при температурі 30°C. Після інкубації суспензію центрифугують, двічі промивають буферним розчином та ресуспендують у 3 мл буферного розчину (50 мМ лимонно-динатрієво-гідрофосфатний буфер).

Фарбування клітин відбувається після того, як CF-DA, потрапляючи в середину клітини, розщеплюється ферментами дріжджової естерази на ацетатні залишки та флуоресцентний зонд CF.

Аналіз. Аналіз проводять на цитометрі. Зразок змішують з буфером у співвідношенні 1:11 для зменшення концентрації клітин. Аргонним іонним лазером з довжиною хвилі 488 нм збуджують зразки. Флуоресцентне випромінювання вимірюють за довжини хвилі 525 нм (± 20 нм), для вимірювання основного сигналу життєздатності клітин, інтенсивність якого залежить від значення внутрішньоклітинного рН. Контрольне вимірювання проводять при довжини хвилі 575 нм (± 15 нм), при якому значення не залежать від рН. Контрольне вимірювання необхідне для компенсації можливих похибок вимірювання, що не пов'язані з життєдіяльністю.

Результат вимірювання. Результати отримують у логарифмічному режимі. Для обчислення життєздатності клітин визначають співвідношення між значеннями флуоресценції клітин при 525 нм та 575 нм (525 нм/575 нм). Високе значення співвідношення ($\geq 1,3$) свідчить про високе значення внутрішньоклітинного рН та життєдіяльності клітин. Низькі значення свідчать про низьку метаболічну активність чи відмирання клітин.

Перевагами даного методу є швидкість, точність та можливість автоматизації[205].

Контроль відсутності сторонньої мікробіоти в готовій субстанції

Метод прямого мікроскопіювання. Чистота готової субстанції є одним з ключових параметрів, який має контролюватись на підприємстві. Одним з методів контролю є метод прямого мікроскопіювання. Для цього відбирають пробу ліофілізованої субстанції, ресуспендують її у дистильованій воді або буфері, стерильною петлею пробу наносять на поверхню скла, рівномірно розподіляють та залишають до її висихання. За допомогою мікроскопіювання з імерсійною системою та збільшенням $\times 90$ визначають морфологічні ознаки клітин.

За відсутності сторонньої мікробіоти всі клітини будуть мати однакові морфологічні ознаки, що відповідають ознакам *Saccharomyces boulardii*, а саме: клітини мають кулясту чи овальну форму, інколи можуть утворювати ланцюги з клітин, є неспорогенними дріжджами, 2–3 мкм завширшки та 2,5–10,5 мкм завдовжки. Клітини розмножуються брунькуванням, що легко помітне при мікроскопіюванні. Також вони мають характерну морфологію колоній. Колонії клітин зазвичай також мають круглу форму, з рівними гладкими або шорсткими краями, білувато-кремові за кольором[206, 111].

Нормативне значення: відсутність сторонньої мікробіоти.

Метод висіву на селективні поживні середовища. Іншим ефективним методом контролю відсутності сторонньої мікрофлори – є висів відібраної проби на відповідні середовища для ідентифікації росту та присутності в пробі сторонньої мікробіоти. Ліофілізовану субстанцію попередньо відновлюють у стерильному розчиннику та готують ряд послідовних десятикратних розведень. Після чого

проводять висів на відповідні селективні середовища згідно з попередньо описаними методиками.

Контроль відсутності сторонніх грибів та дріжджів у пробі проводять згідно з вимогами, наведеними у ДСТУ 8447:2015 “Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів”. Селективним середовищем для визначення грибів та дріжджів є Сабуро-агар. Для цього аналізовану пробу висівають на попередньо приготоване, простерилізоване та розлите в чашки Петрі агаризоване середовище. Стерильним шпателем розподіляють пробу по поверхні, закривають чашки Петрі та інкубують протягом 48 год при температурі $30\pm 1^\circ\text{C}$. Після інкубування проводять візуальний огляд колоній, що вирости, та роблять висновок щодо наявності чи відсутності патогенних дріжджів чи грибів у аналізованій пробі. У разі виявлення нетипових за розміром, формою чи кольором колоній, що не відповідають морфологічним та культуральним ознакам дріжджів *S. boulardii* (колонії біло-молочного кольору, з гладкими чи трохи шерсткими краями, зазвичай краглої, опуклої форми), відбирають пробу нетипових колоній для їх точної ідентифікації та підтвердження контамінації готової субстанції. Для ідентифікації сторонніх колоній може бути використаний метод мікроскопії, під час якого оцінюють морфологічні ознаки клітин, що мають відповідати описаним морфологічним ознакам *S. boulardii*, чи наявність спор, гіф або псевдогіф, що відсутні у даного виду дріжджів. У разі виявлення нетипових ознак, не притаманних дріжджам *S. boulardii*, роблять висновок про наявність сторонньої мікробіоти в пробі [207, 208].

Кількість колоній дріжджів та грибів виражають в КУО на г чи м³ продукт та обчислюють за формулою:

$$X = n \times 10^m, \text{ де}$$

n – середнє арифметичне число колоній, m – число послідовних десятикратних розведень.

Нормативне значення: <10 КУО/г.

За необхідності може бути використаний додатковий метод ідентифікації дріжджових та цвілевих грибів, наприклад MALDI-TOF MS (матрично-асистована лазерна десорбційно-іонізаційна часопротітна мас-спектрометрія), який дозволяє

точно ідентифікувати мікроорганізми на основі білкового складу їх клітин, за умови наявних баз даних. Для цього методу на мішень наносять аналізовану пробу колонії та додають матричний розчин. Після чого використовують спеціальний MALDI-TOF прилад, в який вносять попередньо підготовлену мішень, де відбувається висушування препарату разом з матрицею за допомогою лазера. В процесі висушування, білки іонізуються, через що іони прискорюються та проходять через спеціальну камеру TOF (time of flight), в якій час проходження іонів фіксується, а результат видається у вигляді мас-спектра. Залежно від маси відрізняється швидкість польоту кожного іона, від чого змінюється результат отриманого мас-спектру. Для ідентифікації конкретного мікроорганізму результати порівнюють з наявною базою даних мас-спектрів для інших мікроорганізмів. Цей метод дозволяє точно та швидко визначити конкретний мікроорганізм, однак потребує наявності широкої бази-даних[209].

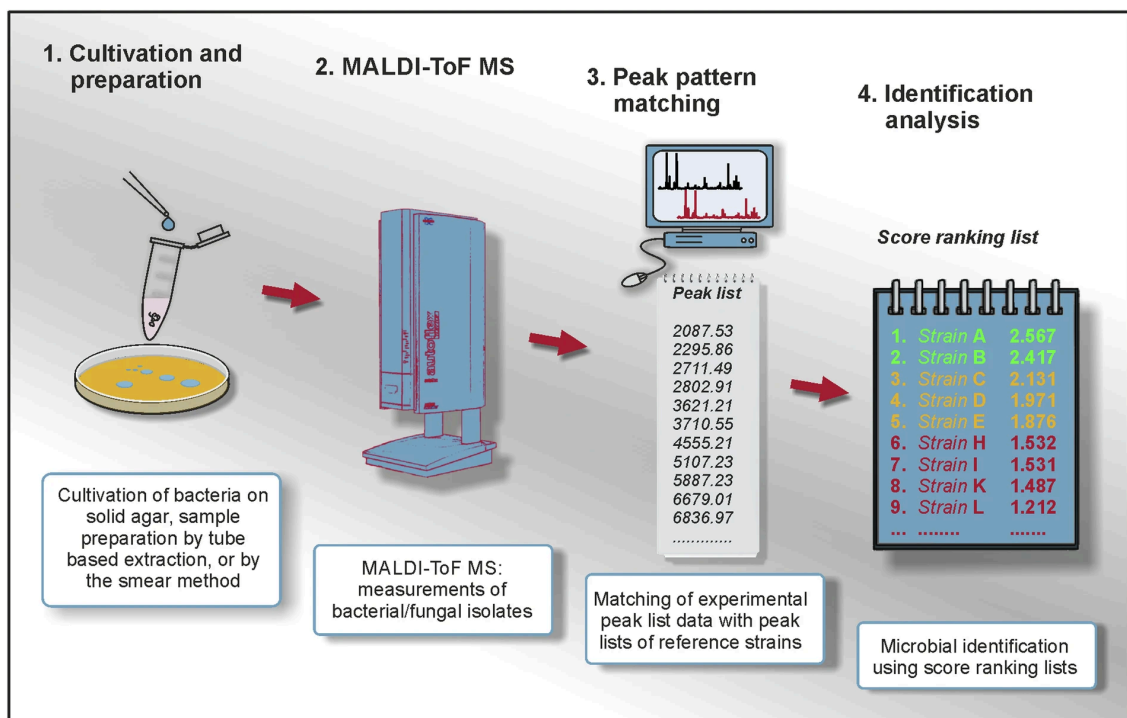


Рис. 7.2 Загальний принцип ідентифікації мікроорганізмів за допомогою мас-спектрометрії MALDI-ToF [209]

Для визначення бактерій групи кишкової палички, аналізовану пробу висівають на селективне середовище Кесслера. Дане середовище є стандартним для

визначення цієї групи мікроорганізмів, та складається з декількох основних компонентів. Жовч пригнічує розвиток непатогенних мікроорганізмів, генціанвіолет пригнічує розвиток грам-позитивних бактерій, а лактоза пригнічує розвиток мікроорганізмів, що не здатні її ферментувати[210].

Відібрану пробу висівають в пробірку з середовищем Кесслера та інкубують при температурі $45\pm 1^\circ\text{C}$, протягом 24 год. Після проходження даного терміну, посіви аналізують та роблять висновок щодо наявності бактерій групи кишкової палички, опираючись на присутність газоутворення в пробірці. Наочно це зробити простіше, коли в пробірці присутній скляний “поплавок”, який, при підйманні, сигналізує про газоутворення всередині пробірки. Для підтвердження присутності в відібраній пробі бактерій роди кишкової палички роблять додатковий висів проби на середовище Ендо, яке є диференційно-діагностичним середовищем. Висів роблять на чашках Петрі та інкубують у термостаті протягом 24 год при температурі $37\pm 1^\circ\text{C}$. Після інкубування висів аналізують та роблять відповідні висновки. За наявності ознак росту колоній кишкової палички, а саме: наявність характерних колоній малинового кольору з металічним блиском, чи без нього, роблять висновок, що в препараті містяться клітини бактерій групи кишкової палички. Додатково можна провести мікроскопіювання, для підтвердження результатів. Для цього відбирають пробу клітин, фарбують її за грамом та при мікроскопіюванні визначають морфологічні особливості клітин, й їх відповідність морфологічним особливостям клітин кишкової палички [210, 211].

Нормативне значення: <1 КУО/г [211].

Визначення загального забруднення препарату бактеріями, тобто визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, проводять згідно з ДСТУ 8446:2015. Методи ґрунтується на стандартних методах визначення кількості бактерій шляхом висіву на відповідні селективні поживні середовища та підрахунку колоній.

Згідно з ДСТУ 7963 стандартним методом готують вихідне та ряд послідовних десятикратних розведень, так, щоб визначити в результаті кількість мікроорганізмів, наведену в чинних нормативних документах. Для даного методу контролю можна

використовувати декілька типів поживних середовищ згідно з ДСТУ 5093. Основними з них є: глюкозо-триптонний агар (бульйон); м'ясо-пептонний агар (бульйон) (також можливе додавання глюкози чи/та дріжджового екстракту).

У дві паралельні чашки Петрі, з попередньо розлитими поживними середовищами, зі збереженням всіх норм стерильності та асептики, стерильною піпеткою вносять по 1 см³ кожного відповідного розведення. Після застигання агару чашки з посівами перевертають та інкубують у термостаті за температури 30±1°C протягом 72 год. Аналіз результатів необхідно проводити одразу після термостатування. Підрахунок колоній здійснюється на кожній чашці, де кількість колоній становить до 300. Для підрахунку колоній використовують прилад з освітлювальною системою, темним підкладом та лічильником, зі збільшенням від 5х до 10х. Результати виражають як КУО/г продукту, округлюють до 2х цифр після коми та виражають згідно з ГОСТ 26670[211].

Нормативне значення: <50 КУО/г.

Контроль наявності інших патогенних мікроорганізмів у готовій субстанції, таких як: *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, що мають контролюватись згідно з встановленим законодавством, здійснюється санітарно-епідеміологічними станціями. Порядок проведення державного санітарного нагляду, методики та періодичність встановлюються та контролюються Міністерство охорони здоров'я України. Визначення даних мікроорганізмів проводиться згідно з методиками, наведеними методиками в ДСТУ ISO 11290-1, ДСТУ ISO 11290-2; ДСТУ 30347; та ДСТУ IDF 93А для *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.* відповідно.

Оскільки дані мікроорганізми є патогенними та є збудниками різних харчових токсикозів, їх контролю приділяється особлива увага та до їх відсутності у готовій субстанції висунуті найжорсткіші вимоги, а саме повна відсутність в аналізованій пробі.

Нормативне значення: в аналізованій пробі мають бути відсутні дані мікроорганізми.

У табл. 7.2 подані узагальнюючі допустимі значення для кожного з типів мікроорганізмів, що аналізуються при мікробіологічному контролі готової субстанції, згідно з державними стандартами та методами, що були попередньо описані.

Таблиця 7.2

Мікробіологічні показники готової субстанції

Тип мікроорганізмів	Допустиме значення кількості аналізованих мікроорганізмів, КУО/г
<i>Saccharomyces boulardii</i> (мінімальна кількість)	10 ⁹
Загальна бактеріальна кількість (КМАФАнМ)	<50
Дріжджі та пліснява	<10
Коліформи	<1
<i>Staphylococcus aureus</i>	Відсутність у зразку
<i>Salmonella spp.</i>	Відсутність у зразку
<i>Listeria monocytogenes</i>	Відсутність у зразку

7.2.2. Фізико-хімічний контроль.

Визначення залишкової вологи в готовій субстанції

Простим та ефективним способом визначення залишкової вологи в готовій субстанції є гравіметричний метод. Даний метод є прямим та заснованим на визначенні маси, що втрачається в аналізованому зразку після його висушування при 105 °C ± 1 °C до досягнення постійної вологи. Через простоту його проведення та точність результатів його широко використовують в різних галузях промисловості. Однак варто врахувати, що точність результатів залежить безпосередньо від точності використаних ваг.

Для проведення даного методу відбирають пробу готової субстанції (5 г) та зважують її на аналітичних вагах, що мають точність ±1 мг. Після цього пробу поміщають в сушильну шафу та висушують за температури 105 °C ± 1 °C до досягнення постійної маси та знову зважують. Розрахунок залишкової вологи

проводять на основі початкової та кінцевої маси аналізованого зразка, враховуючи що втрата ваги пов'язана з втратою вологи з проби, за формулою:

$$\text{Вологість(\%)} = \frac{(A-B)100}{m},$$

де А – маса пробірки (фільтра) з пробою, г; В – маса пробірки (фільтра) без осаду, г; m – початкова маса проби, що взята для контролю, г.

Результати подають у відсотковому значення.

Нормативне значення: в готовій субстанції має бути не більше 3–5% залишкової вологи для забезпечення стабільності готового продукту та можливого тривалого зберігання субстанції [213].

7.3. Методи контролю готового напою

7.3.1. Метод відбирання проб.

Для проведення контролю відбираються проби ферментованого напою згідно з ДСТУ 4856.

З партії, що становить 1900 пляшок, об'ємом 100 мл, відбирають 8 одиниць та формують вибірку. З вибірки, для контролю стійкості беруть одну пляшку, для контролю органолептичних показників беруть теж одну пляшку. Продукцію з інших залишившихся пляшок зливають в одну посудину, ретельно перемішують та проводять контролювання масової частки сухих речовин, спирту та кислотності.

Проби для контролю стійкості напою відбирають відповідно до методів відбирання проб для мікробіологічного аналізування згідно з ІК 00032744-4246[214].

7.3.2. Контроль органолептичних показників.

Відповідно до ДСТУ 4069 у ферментованих напоях контролюють наступні органолептичні показники:

зовнішній вигляд;

смак і аромат;

колір.

Готовий напій має відповідати встановленим вимогам.

Зовнішній вигляд (для неосвітленого напою): непрозора рідина. Допускають осад, обумовлений особливостями використаної сировини, без сторонніх включень не властивих продукту.

Смак і аромат: відповідає смаку та аромату використаної сировини. Допускають дріжджовий смак та аромат.

Колір: обумовлений кольором використаної сировини.

Органолептичні показники, об'єм напоїв та герметичність закупорювання визначають згідно з ДСТУ 7099[215].

Візуально проводять оцінку зовнішнього вигляду напою, відсутність сторонніх домішок, завислих частинок, однорідності та відповідності вимогам нормативно-технічній документації. Для контролю кольору відібрану пробу продукту порівнюють з еталонним зразком чи за допомогою колориметра. Також проводять органолептичну оцінку смаку та запаху аналізованого напою, попередньо довівши напій до температури 10°C, шляхом підігріву на водяній бані[216].

7.3.3. Контроль фізико-хімічних показників.

У табл. 7.3 зазначені фізико-хімічні показники, яким має відповідати напій згідно з ДСТУ 4069 та метод контролю, що використовується для визначення [214].

Таблиця 7.3

Фізико-хімічні показники напою

Назва показника	Значення показника	Допустимі відхилення	Метод контролювання
Масова частка сухих речовин, %	3,5	± 0,3	згідно з ДСТУ 4855
Об'ємна частка спирту, %, не більше	1,2	–	згідно з ДСТУ 7101
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	від 1,5 до 7,0	± 0,3	згідно з ДСТУ 7102
Масова частка діоксиду вуглецю, %	не менше 0,30	–	згідно з ДСТУ 7138

7.3.3.1. Визначення масової частки сухих речовин.

Для визначення масової частки сухих речовин (%) у готовому напої, згідно з ДСТУ 4855 використовують аерометричний та рефрактометричний методи.

Рефрактометричний метод.

Метод базується на визначанні масової частки сухих речовин в безалкогольному аналізованому напої за шкалою рефрактометра при температурі 20 °С після проведення в пробі продукції повної інверсії.

Повну інверсію проводять шляхом внесення 500 см³ аналізованої рідини в конічну колбу, місткістю 500 см³, та додаючи на кожні 100 см³ аналізованої рідини 0,1 см³ соляної кислоти з масовою часткою 8,49 %. Колбу герметично закривають та витримують на киплячій водяній бані протягом 1 год, після чого охолоджують до 20 °С. Після проведення повної інверсії на нижню призму рефрактометра наносять скляною паличкою 2 – 3 краплі аналізованої проби. Верхню частину призми опускають, притискаючи її до нижньої, та проводять відлік за шкалою рефрактометра.

Визначення проводять не менше ніж у двох паралельних визначень. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення паралельних визначень.

Аерометричний метод.

Метод базується на визначанні масової частки сухих речовин аерометром-цукроміром після проведення в аналізованій пробі продукції повної інверсії.

Проведення повної інверсії відбувається аналогічно до проведення у рефрактометричному методі. Скляний циліндр, попередньо ополіснений аналізованою рідиною, встановлюють на чашку Петрі. У циліндр, уникаючи утворення піни, наливають аналізований напій, за температури 15–25 °С, а потім опускають чистий сухий цукромір, до поділки, що відповідає передбачуваній масовій частці сухих речовин. Остаточний результат дивляться через 2–3 хв по верхньому краю меніска. Фіксують температуру аналізованого напою. Якщо вона відрізняється від 20 °С, вносять відповідну поправку.

Визначення проводять не менше ніж у двох паралельних визначень. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення паралельних визначень [217].

7.3.3.2. Визначення об'ємної частки спирту.

Визначення об'ємної частки спирту в готовому напої відбувається згідно з згідно з ДСТУ 7101.

Метод визначення об'ємної частки спирту заснований на визначенні спиртометром міцності аналізованих водно-спиртових розчинів.

Перед проведення експерименту проводять вимірювання температури аналізованого розчину. Якщо температура не становить 20 °С, вносять відповідну поправку.

Розрахунок об'ємної частки спирту проводять за формулою:

$$V_c = (M_c * d) / 0,79067,$$

де V_c – об'ємна частка спирту, M_c – масова частка спирту згідно з ДСТУ 7101, d – відносна густина водно-спиртового розчину за температури 20 °С, 0,79067 – відносна густина безводного спирту за температури 20 °С [218].

7.3.3.3 Визначення кислотності.

Кислотність напою визначається згідно з згідно з ДСТУ 7102.

Метод базується на титруванні розчином лугу речовин кислого характеру, після повного звільнення аналізованої проби напою від діоксиду вуглецю.

До відібраної проби додають індикатор – фенолфталеїн, та титрують розчином гідроксиду натрію (в концентрації 0,1 моль/дм³) до появи рожевого забарвлення, що не зникає протягом 30 сек.

Кислотність аналізованого розчину визначають за формулою:

$$X = (V * K * 10) / A,$$

де X – кислотність напою, V – об'єм розчину гідроксиду натрію, витрачений на титрування, K – поправочний коефіцієнт робочого розчину гідроксиду натрію, A – об'єм аналізованого розчину, що був взятий для аналізу.

Визначення проводять не менше ніж у двох паралельних визначень. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення паралельних визначень[219].

7.3.3.4. Визначення масової частки діоксиду вуглецю.

Визначення масової частки діоксиду вуглецю проводять згідно з ДСТУ 7138 манометричним методом за допомогою пристрою типу Ш4-ВУЛ. На рис. 7.3 наведена схема пристрою Ш4-ВУЛ для визначення тиску в пляшці.

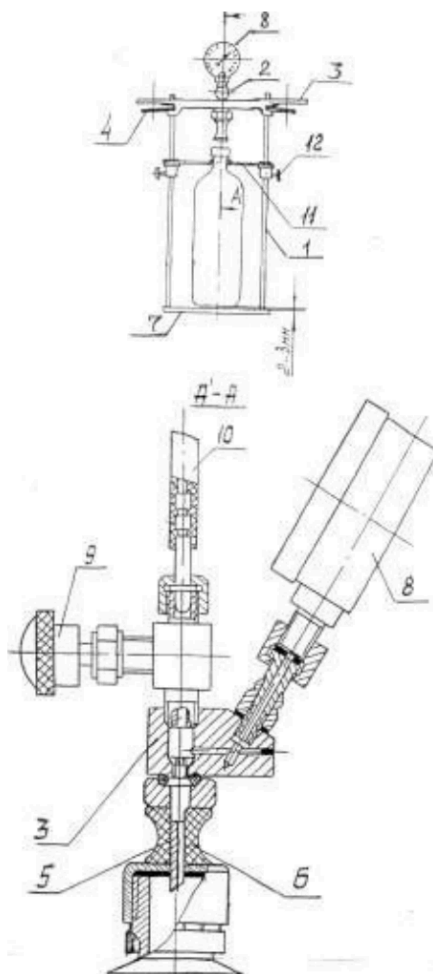


Рис 7.3 Пристрій типу Ш4-ВУЛ для визначання тиску в пляшках і металевих банках[220]

Метод призначений для визначення вмісту діоксиду вуглецю у безалкогольних напоях та підходить для напоїв, розлитих у скляні та пластикові пляшки, а також металеві банки.

Метод базується на визначенні тиску в газовому просторі над напоєм та розрахунку масової частки діоксиду вуглецю залежно від тиску в газовому просторі та температури аналізованого напою.

Для проведення вимірювання аналізовану пляшку з напоєм поміщають в пристрій для вимірювання тиску. Задля забезпечення безпеки пляшки під час вимірювання, пляшку з напоєм вміщують у мішок з щільної тканини. Притискають

до травеси (3) підпружинні важелі (4) та закріплюють травесу в граничному верхньому положенні. Горловину пляшки установлюють в паз кронштейна (11). Після цього натискають важелі та опускають травесу, починаючи тиснути на пляшку, допоки голка не проколить кришку банки та не увійде всередину. Ущільнювач (6) стискається та герметизує пляшку, для того, щоб газ, що знаходиться в пляшці надійшов до манометра. Головковий вентиль швидким рухом повертають та спускають тиск до позначки 0, після чого вентиль миттєво закривають. Далі пляшку починають струшувати, допоки стрілка манометра не вирівняється. Якщо система герметична, покази манометра залишаються незмінними протягом 1–2 хв, можна фіксувати покази.

Після завершення вимірювання, тиск у пляшці скидають, відкривши вентиль.

Масова частка діоксиду вуглецю залежить від тиску та температури і визначається згідно з відповідною таблицею (ДСТУ 7138, додаток Д).

Визначення проводять не менше ніж у двох паралельних визначеннях. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення паралельних визначень. Допустима розбіжність між результатами двох паралельних визначень не має перевищувати 0,04 %[220].

7.3.3.5. Визначення стійкості.

Контроль стійкості проводять згідно з ДСТУ 7100.

Метод базується на визначенні терміну, протягом якого напій зберігає свої якісні показники та показники безпеки.

Дві пляшки з напоєм в день фасування ставлять у шафу-термостат чи термостатну кімнату з полицями за температури, що відповідає зазначеній температурі зберігання напою.

Стійкість ферментованих напоїв встановлюють в останні два дні до кінця терміну зберігання напою. Для цього визначають титровану кислотність та кількість масової частки сухих речовин, після чого визначають перевищення гранично-допустимі значення цих показників.

Стійкість напою вимірюють у кількості діб з моменту розливу та фасування, до зростання титрованої кислотності вище заданих меж та зниження масової частки сухих речовин[221].

7.4. Контроль концентрації життєздатних клітин в напої

Оскільки даний напій є функціональним ферментованим напоєм, необхідно контролювати КУО в пляшці. Для ферментації напою використані дріжджі *S. boulardii* ATCC-MYA-796. Концентрація колонієутворюючих одиниць має становити 10^8 КУО/мл.

Для визначення кількості колонієутворюючих одиниць у пляшці використовують метод висіву на чашки Петрі. Для цього готують послідовні десятикратні розведення відібраної проби. До кожної пробірки додають по 10 см^3 води і стерилізують в автоклаві. Після стерилізації в кожній пробірці залишається по 9 см^3 води. Стерильною піпеткою відбирають 1 см^3 підготовленої аналізованої проби та вносять в першу пробірку. Далі новою стерильною піпеткою відбирають з першої пробірки з першим розведенням 1 см^3 суспензії та вносять в другу пробірку, отримуючи розведення 1:100. Так повторюють з наступними розведеннями.

В простерилізовані чашки Петрі розливають стерильний та охолоджений сабуро-агару з хлорамфеніколом та перемішують його круговими рухами. стерильною піпеткою висівають по 1 см^3 відповідної розведеної суспензії. Починають висів з найбільшого розведення. Чашки підписують, зазначаючи розведення та інші необхідні дані. Час інкубування становить 72 год, при температурі $+30\pm 1^\circ\text{C}$ [203].

Для підрахунку колоній обирають чашки, в яких виросло від 15 до 300 колоній. кількість підрахованих колоній множать на відповідне розведення, отримуючи значення КУО в 1 см^3 аналізованої проби. Зазвичай визначення проводять не менше ніж у двох паралельних визначеннях. За кінцевий результат беруть середнє арифметичне значення паралельних визначень[222].

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра було проведено ґрунтовний аналіз сучасної наукової літератури та актуальних статистичних даних, на основі яких було визначено стан ринку ферментованих напоїв України та потребу в функціональному ферментованому напої з використанням дріжджів *Saccharomyces boulardii* ATCC-MYA-796. На основі отриманих даних спроектоване крафтове виробництво готового напою, включно з розробленням післяферментаційних стадій отримання ліофілізованої біомаси *S. boulardii* та технологією виготовлення ферментованого напою.

Основною рослинною сировиною обрано яблука, а регіоном збуту – м. Київ та Київську область. Річний обсяг виробництва напою становить 81900 л (91 партія), що дозволяє забезпечити близько 9100 осіб трьома 30-денними курсами за рік. Для одного виробничого циклу необхідно 1,15 т яблук та 108 г ліофілізованої біомаси. Для ферментації 1 л напою – 0,2 г ліофілізованого препарату *S. boulardii*. Річний об'єм культуральної рідини становить 12 м³, з концентрацією біомаси 8,2 г/л.

Перевагою штаму *S. boulardii* ATCC-MYA-796 є його стійкість до умов шлунково-кишкового тракту, функціональна активність, мінімальне накопичення етанол, а також ефективний ріст на дешевому поживному середовищі (3,97 грн/л), що забезпечує дешевшу вартість біомаси (0,48 грн/г). Щоденне вживання 10⁶–10⁹ КУО/мл *S. boulardii* забезпечує імуномодулюючу, антимікробну та протизапальну дію, модуляцію кишкової мікробіоти, відновлення кишкового бар'єра та покращення емоційного стану.

Враховуючи рекомендації ВООЗ було запропоновано та обґрунтовано форму випуску й пакування напою – ПВІЦ-пляшки, об'ємом 100 мл (10¹⁰ КУО/пляшку).

Крім того, було підібране необхідне технологічне обладнання з урахуванням матеріальних потоків по стадіях та запропоновано сучасні методи контролю виробництва субстанції й готового напою, згідно з вимогами чинного законодавства.

					<i>НУХТ БТЕК 02.01.15 КР ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Гріна А.С.</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грегірчак Н.М.</i>					134	1
<i>Консульт.</i>						<i>Кафедра БТМ₁₃₄</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Стадніков В.П.</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chin T. S., Othman N. Z., Malek R. A., Elmarzugi N., Leng O. M., Ramli S., Musa N. F., Aziz R., El Enshasy H. (2015). Bioprocess optimization for biomass production of probiotics yeast *Saccharomyces boulardii* in semi-industrial scale. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7, 3.
2. Vinderola, G., Cotter, P. D., Freitas, M., Gueimonde, M., Holscher, H. D., Ruas-Madiedo, P., Salminen, S., Swanson, K. S., Sanders, M. E., & Cifelli, C. J. (2023). Fermented foods: a perspective on their role in delivering biotics. *Frontiers in microbiology*, 14, 1196239. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1196239>.
3. Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2022). Nutrition and health through the use of probiotic strains in fermentation to produce non-dairy functional beverage products supporting gut microbiota. *Foods*, 11(18), 2760. <https://doi.org/10.3390/foods11182760>.
4. Kanhere, M. (2025, February). *Saccharomyces Boulardii Market Report 2025 (Global Edition)*. CMR470778. GQlive Market Research. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.cognitivemarketresearch.com/saccharomyces-boulardii-market-report>.
5. Yang, X., Hong, J., Wang, L., Cai, C., Mo, H., Wang, J., Fang, X., & Liao, Z. (2024). Effect of Lactic Acid Bacteria Fermentation on Plant-Based Products. *Fermentation*, 10(1), 48. <https://doi.org/10.3390/fermentation10010048>.
6. Accettulli, A., Sinigaglia, M., & Racioppo, A. (2023). Biomass production and use of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in a beverage for athletes. *Biology and Life Sciences Forum*, 26(1), 6. <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15108>.
7. Alexandre, E. M. C., Aguiar, N. F. B., Voss, G. B., & Pintado, M. E. (2023). Properties of fermented beverages from food wastes/by-products. *Beverages*, 9(2), 45. <https://doi.org/10.3390/beverages9020045>.
8. Accettulli, A., Sinigaglia, M., & Racioppo, A. (2023). Biomass production and use of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* in a beverage for athletes. *Biology and Life Sciences Forum*, 26(1), 6. <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15108>.
9. Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2022). Probiotics, prebiotics, synbiotics, and fermented foods as potential biotics in nutrition improving health via

microbiome-gut-brain axis. *Fermentation*, 8(7), 303.
<https://doi.org/10.3390/fermentation8070303/>.

10. Gopalan, S., Ganapathy, S., Mitra, M., Neha, Kumar Joshi, D., Veligandla, K. C., Rathod, R., & Kotak, B. P. (2023). Unique Properties of Yeast Probiotic *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745: A Narrative Review. *Cureus*, 15(10), e46314. <https://doi.org/10.7759/cureus.46314>.

11. Alkalbani NS, Osaili TM, Al-Nabulsi AA, Obaid RS, Olaimat AN, Liu S-Q, Ayyash MM. (2022). In Vitro Characterization and Identification of Potential Probiotic Yeasts Isolated from Fermented Dairy and Non-Dairy Food Products. *Journal of Fungi*. 8(5), 544. <https://doi.org/10.3390/jof8050544>.

12. Negrete-Romero, B., Valencia-Olivares, C., Baños-Dossetti, G. A., Pérez-Armendáriz, B., & Cardoso-Ugarte, G. A. (2021). Nutritional contributions and health associations of traditional fermented foods. *Fermentation*, 7(4), 289. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040289>

13. Cuamatzin-García, L., Rodríguez-Rugarcía, P., El-Kassis, E. G., Galicia, G., Meza-Jiménez, M. d. L., Baños-Lara, M. d. R., Zaragoza-Maldonado, D. S., & Pérez-Armendáriz, B. (2022). Traditional fermented foods and beverages from around the world and their health benefits. *Microorganisms*, 10(6), 1151. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061151>

14. Skowron, K., Budzyńska, A., Grudlewska-Buda, K., Wiktorczyk-Kapischke, N., Andrzejewska, M., Wałęcka-Zacharska, E., & Gospodarek-Komkowska, E. (2022). Two faces of fermented foods — The benefits and threats of its consumption. *Front. Microbiol.* 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.845166>.

15. Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of Microorganisms in Global Fermented Foods and Beverages. *Front. Microbiol.*, 7, 377. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>

16. Oyeyinka, A. T., Siwela, M., & Pillay, K. (2021). A mini review of the physicochemical properties of amahewu, a Southern African traditional fermented cereal grain beverage. *LWT*, 151, 112159. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112159>.

17. Cuamatzin-García, L., Rodríguez-Rugarcía, P., El-Kassis, E. G., Galicia, G., Meza-Jiménez, M. de L., Baños-Lara ... Pérez-Armendáriz, B. (2022). Traditional fermented foods and beverages from around the world and their health benefits. *Microorganisms*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/microorgan>.
18. Gaudioso, G., Weil, T., Marzorati, G., & Solovyev, P. (2022). Microbial and metabolic characterization of organic artisanal sauerkraut fermentation and study of gut health-promoting properties of sauerkraut brine. *Frontiers in Microbiology*, 13, 92. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.929738>.
19. Yuan Y, Yang Y, Xiao L, Qu L, Zhang X, Wei Y. (2023). Advancing Insights into Probiotics during Vegetable Fermentation. *Foods*. 12(20). <https://doi.org/10.3390/foods12203789>.
20. Bouchez, A., & De Vuyst, L. (2022). Acetic Acid Bacteria in Sour Beer Production: Friend or Foe? *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.957167>.
21. Damián, M. R., Cortes-Perez, N. G., Quintana, E. T., Ortiz-Moreno, A., Garfías Noguez, C., Cruceño-Casarrubias, C. E., Sánchez Pardo, M. E., & Bermúdez-Humarán, L. G. (2022). Functional Foods, Nutraceuticals and Probiotics: A Focus on Human Health. *Microorganisms*, 10(5), 1065. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10051065>.
22. Mefleh, M., Darwish, A. M. G., Mudgil, P., Maqsood, S., & Boukid, F. (2022). Traditional Fermented Dairy Products in Southern Mediterranean Countries: From Tradition to Innovation. *Fermentation*, 8(12), Article 743. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120743>.
23. Narvhus, J. A., & Abrahamsen, R. K. (2023). Traditional and modern Nordic fermented milk products: A review. *International Dairy Journal*, 142, Article 105641. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105641>.
24. Abaci, N., Senol Deniz, F. S., & Orhan, I. E. (2022). Kombucha – An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. *Food Chemistry: X*, 14, 100302. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100302>.

25. Mokoena, M. P., Mutanda, T., & Olaniran, A. O. (2016). Perspectives on the probiotic potential of lactic acid bacteria from African traditional fermented foods and beverages. *Food & Nutrition Research*, 60, 29630. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.29630>
26. Fentie, E. G., Emire, S. A., Demsash, H. D., Dadi, D. W., & Shin, J.-H. (2020). Cereal- and Fruit-Based Ethiopian Traditional Fermented Alcoholic Beverages. *Foods*, 9(12), 1781. doi: 10.3390/foods9121781
27. Vargas-Yana, D., Aguilar-Morón, B., Pezo-Torres, N., Shetty, K., & Gálvez Ranilla, L. (2020). Ancestral Peruvian ethnic fermented beverage “Chicha” based on purple corn (*Zea mays* L.): unraveling the health-relevant functional benefits. *Journal of Ethnic Foods*, 7, Article 35. doi: 10.1186//s42779-020-00035-3
28. Gutiérrez-Sarmiento, W., Peña-Ocaña, B. A., Lam-Gutiérrez, A., Guzmán-Albores, J. M., Jasso-Chávez, R., & Ruíz-Valdiviezo, V. M. (2022). Microbial community structure, physicochemical characteristics and predictive functionalities of the Mexican tepache fermented beverage. *Microbiological Research*, 260, 127045. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127045>.
29. Escalante, A., López Soto, D. R., Velázquez Gutiérrez, J. E., Giles-Gómez, M., Bolívar, F., & López-Munguía, A. (2016). Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage: Historical, microbiological, and technical aspects. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1026. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01026>.
30. Jung, S.-J., Chae, S.-W., & Shin, D.-H. (2022). Fermented foods of Korea and their functionalities. *Fermentation*, 8(11), 645. doi: 10.3390/fermentation8110645
31. Patra, J. K., Das, G., Paramithiotis, S., & Shin, H. S. (2016). Kimchi and other widely consumed traditional fermented foods of Korea: A review. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1493. <https://doi.org/10.3389/fmic.2016.014>.
32. Nguyen, N. T. H., Wang, W.-Y., Huang, W.-L., Huang, C.-L., & Chiang, T.-Y. (2022). Metagenomics analyses of microbial dynamics associated with putative flavor development in mash fermentation of sake. *LWT*, 1. <https://doi.org/10/j.l.2022>.
33. Feng, R., Chen, L., & Chen, K. (2018). Fermentation trip: Amazing microbes, amazing metabolisms. *Ann Microbiol*, 68(11), 717–729. <https://doi.org/10.1007/s13213-018-1384-5>.

34. Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., & Leggette, H. R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (3), 1217. <https://doi.org/10.3390/>
35. Kumar, M. R., Azizi, N. F., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, M. A., Leow, A. T. C., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2022). Clinical and Preclinical Studies of Fermented Foods and Their Effects on Alzheimer's Disease. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 11(5), 883. <https://doi.org/10.3390/antiox11050883>
36. Kumar, A., Sivamaruthi, B. S., Dey, S., Kumar, Y., Malviya, R., Prajapati, B. G., & Chaiyasut, C. (2024). Probiotics as modulators of gut-brain axis for cognitive development. *Frontiers in pharmacology*, 15, 1348297. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1348297>.
37. Kobyliak, N., Conte, C., Cammarota, G., Haley, A. P., Styriak, I., Gaspar, L., Fusek, J., Rodrigo, L., & Kruzliak, P. (2016). Probiotics in prevention and treatment of obesity: A critical view. *Nutrition & Metabolism*, 13, 14. <https://doi.org/10.1186/s12986-016-0067-0>.
38. Huang, R., Xing, H.-Y., Liu, H.-J., Chen, Z.-F., & Tang, B.-B. (2021). Efficacy of probiotics in the treatment of acute diarrhea in children: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Translational Pediatrics*, 10(12), 3248–3260. <https://doi.org/10.21037/tp-21-511>.
39. Rathi, A., Jadhav, S. B., & Shah, N. (2021). A randomized controlled trial of the efficacy of systemic enzymes and probiotics in the resolution of post-COVID fatigue. *Medicines*, 8(9), 47. <https://doi.org/10.3390/medicines8090047>.
40. Maftai, N.-M., Raileanu, C. R., Balta, A. A., Ambrose, L., Boev, M., Marin, D. B., & Lisa, E. L. (2024). The potential impact of probiotics on human health: An update on their health-promoting properties. *Microorganisms*, 12(2), 234. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020234>.
41. Garcia-Gonzalez, N., Battista, N., Prete, R., & Corsetti, A. (2021). Health-promoting role of *Lactiplantibacillus plantarum* isolated from fermented foods. *Microorganisms*, 9(2), 349. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020349>.

42. Al Kassaa, I., & Fuad, M. (2024). Effects of *Lacticaseibacillus rhamnosus* HN001 on happiness and mental well-being: Findings from a randomized controlled trial. *Nutrients*, 16(17), 2936. <https://doi.org/10.3390/nu16172936>.
43. Wang, H., Zhou, C., Huang, J., Kuai, X., & Shao, X. (2020). The potential therapeutic role of *Lactobacillus reuteri* for treatment of inflammatory bowel disease. *American Journal of Translational Research*, 12(5), 1569–1583.
44. Turrone, F., Berry, D., & Ventura, M. (2017). Editorial: *Bifidobacteria* and their role in the human gut microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 7, Article 2148. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02148>.
45. Dikeocha, I. J., Al-Kabsi, A. M., Ahmeda, A. F., Mathai, M., & Alshawsh, M. A. (2023). Investigation into the Potential Role of *Propionibacterium freudenreichii* in Prevention of Colorectal Cancer and Its Effects on the Diversity of Gut Microbiota in Rats. *International journal of molecular sciences*, 24(9), 8080. <https://doi.org/10.3390/ijms24098080>.
46. Todorov, S. D., Dioso, C. M., Liong, M. T., Nero, L. A., Khosravi-Darani, K., & Ivanova, I. V. (2022). Beneficial features of *Pediococcus*: from starter cultures and inhibitory activities to probiotic benefits. *World journal of microbiology & biotechnology*, 39(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03419-w>.
47. Boulay, M., Al Haddad, M., & Rul, F. (2020). *Streptococcus thermophilus* growth in soya milk: Sucrose consumption, nitrogen metabolism, soya protein hydrolysis and role of the cell-wall protease PrtS. *International Journal of Food Microbiology*, 335, 108903. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108903>.
48. Abid, R., Waseem, H., Ali, J., Ghazanfar, S., Muhammad Ali, G., Elsbali, A. M., & Alharethi, S. H. (2022). Probiotic Yeast *Saccharomyces*: Back to Nature to Improve Human Health. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland), 8(5), 444. <https://doi.org/10.3390/jof8050444>.
49. Pais, P., Almeida, V., Yilmaz, M., & Teixeira, M. C. (2020). *Saccharomyces boulardii*: What Makes It Tick as Successful Probiotic?. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland), 6(2), 78. <https://doi.org/10.3390/jof6020078>.

50. Sørensen, AB, Harholt, J., & Arneborg, N. (2023). Application of *Yarrowia lipolytica* in fermented beverages. *Front. Food. Sci. Technol.* 3. <https://doi.org/10.3389/frfst.2023.1190063>.
51. Tamang, J. P., & Lama, S. (2022). Probiotic properties of yeasts in traditional fermented foods and beverages. *Journal of Applied Microbiology*, 132(5). <https://doi.org/10.1111/jam.15467>.
52. Huh, E., Lim, S., Kim, H. G., Ha, S. K., Park, H. Y., Huh, Y., & Oh, M. S. (2018). Ginger fermented with *Schizosaccharomyces pombe* alleviates memory impairment via protecting hippocampal neuronal cells in amyloid beta1–42 plaque injected mice. *Food & Funct.*, 9, 171–178. doi: 10.1039/C7FO01149K.
53. Siesto G, Pietrafesa R, Infantino V, Thanh C, Pappalardo I, Romano P, Capece A. (2022). In Vitro Study of Probiotic, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities among Indigenous *Saccharomyces cerevisiae* Strains. *Foods*.11(9):1342. <https://doi.org/10.3390/foods11091342>.
54. Kaur, H., Kaur, G., & Ali, S. A. (2022). Dairy-based probiotic-fermented functional foods: An update on their health-promoting properties. *Fermentation*, 8(9), 425. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090425>.
55. Salmerón I. (2017). Fermented cereal beverages: from probiotic, prebiotic and synbiotic towards Nanoscience designed healthy drinks. *Letters in applied microbiology*, 65(2), 114–124. <https://doi.org/10.1111/lam.12740>.
56. Valero-Cases, E., Cerdá-Bernad, D., Pastor, J.-J., & Frutos, M.-J. (2020). Non-dairy fermented beverages as potential carriers to ensure probiotics, prebiotics, and bioactive compounds arrival to the gut and their health benefits. *Nutrients*, 12. <https://doi.org/10.3390/nu120616>.
57. Ramírez Damián, M., Cortes-Perez, N. G., Quintana, E. T., Ortiz-Moreno, A., Garfías Noguez, C., Cruceño-Casarrubias, C., ..., & Bermúdez-Humarán, L. G. (2022). Functional foods, nutraceuticals, and probiotics: A focus on human health. *Microorganisms*, 10(5), 1065. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10051065>.

58. He, Z., Zhang, H., Wang, T., Wang, R., & Luo, X. (2022). Effects of Five Different Lactic Acid Bacteria on Bioactive Components and Volatile Compounds of Oat. *Foods*, 11(9), 1267. <https://doi.org/10.3390/foods11203230>.
59. Decloedt, A. I., Van Landschoot, A., Watson, H., Vanderputten, D., & Vanhaecke, L. (2018). Plant-based drinks as good sources of free and glycosylated plant sterols. *Nutrients*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.3390/nu10010021>.
60. Li, Y., Wang, A., Dang, B., Yang, X., Nie, M., Chen, Z., ... & Tong, L.-T. (2024). Deeply analyzing dynamic fermentation of highland barley vinegar: Main physicochemical factors, key flavors, and dominant microorganisms. *Food Research International*. 177. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113919>.
61. Asbaghi, O., Ashtary-Larky, D., Mousa, A., Rezaei Kelishadi, M., & Moosavian, S. P. (2022). The effects of soy products on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Advances in Nutrition*, 13(2), 455-473. doi: 10.1093/advances/nmz086.
62. Çabuk, B., Nosworthy, M. G., Stone, A. K., Korber, D. R., Tanaka, T., House, J. D., & Nickerson, M. T. (2018). Effect of Fermentation on the Protein Digestibility and Levels of Non-Nutritive Compounds of Pea Protein Concentrate. *Food technology and biotechnology*, 56(2), 257–264. doi: 10.17113/ftb.56.02.18.5450.
63. Hussein, H., Awad, S., El-Sayed, I., & Ibrahim, A. (2020). Impact of chickpea as prebiotic, antioxidant and thickener agent of stirred bio-yoghurt. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 49-58. doi:10.1016/j.aoas.2020.06.001.
64. Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., & Jin, C. (2021). Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food science & nutrition*, 9(11), 6406–6420. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2577>.
65. Guiné, R. P. F., Barroca, M. J., Coldea, T., & Bartkiene, E. (2021). Apple fermented products: An overview of technology, properties and health effects. *Processes*, 9(2), 223. <https://doi.org/10.3390/pr9020223>.
66. Liu, Z., Serrano Pinheiro de Souza, T., Wu, H., & Holland, B. (2023). Development of phenolic-rich functional foods by lactic fermentation of grape marc: A

review. *Food Reviews International*, 40(3), 1-20.
<https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2230278>.

67. Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L. R., Krikorian, R., Stull, A. J., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2020). Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. *Advances in nutrition*, 11(2), 224–236.
<https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>.

68. Saleem, G. N., Gu, R., Qu, H., Khaskheli, G. B., Rajput, I. R., Qasim, M., & Chen, X. (2024). Therapeutic potential of popular fermented dairy products and its benefits on human health. *Frontiers in Nutrition*. 11, 1328620.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1328620>.

69. Gao, H., Li, Y., Sun, J., Xu, H., Wang, M., Zuo, X., Fu, Q., Guo, Y., Chen, Z., Zhang, P., Li, X., Wang, N., Ye, T., & Yao, Y. (2021). *Saccharomyces boulardii* Ameliorates Dextran Sulfate Sodium-Induced Ulcerative Colitis in Mice by Regulating NF- κ B and Nrf2 Signaling Pathways. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2021, 1622375.

70. Khaplenko, A., Danylenko, S., Yalovenko, O., Duhan, O., & Potemskaja, O. (2022). Potential of using *Saccharomyces boulardii* to produce fermented milk products. *Bioprocesses, Biotechnology of Food Products, Biological Processes, Biotechnology of Food Products, BAS*. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2290>.

71. Tomičić, Z., Šarić, L., & Tomičić, R. (2024). Novel insights in the application of probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* in dairy products and health promotion. *Foods*, 13(18), 2866. <https://doi.org/10.3390/foods13182866>.

72. Babaei, F., Mirzababaei, M., Mohammadi, G., Dargahi, L., & Nassiri-Asl, M. (2022). *Saccharomyces boulardii* attenuates lipopolysaccharide-induced anxiety-like behaviors in rats. *Neuroscience Letters*, 778, 136600.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136600>.

73. Vilela A, Cosme F, Inês A. (2020). Wine and Non-Dairy Fermented Beverages: A Novel Source of Pro- and Prebiotics. *Fermentation*. 6(4):113.
<https://doi.org/10.3390/fermentation6040113>.

74. De Carvalho, B. T., Subotić, A., Vandecruys, P., Deleu, S., Vermeire, S., & Thevelein, J. M. (2024). Enhancing probiotic impact: engineering *Saccharomyces boulardii* for optimal acetic acid production and gastric passage tolerance. *Applied and Environmental Microbiology*, 90 (6). <https://doi.org/10.1128/aem.00325-24>.
75. Offei, B., Vandecruys, P., De Graeve, S., Foulquié-Moreno, M. R., & Thevelein, J. M. (2019). Unique genetic basis of the distinct antibiotic potency of high acetic acid production in the probiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. *Genome Research*, 29, 1478–1494. <https://doi.org/10.1101/gr.243147.118>.
76. Samakkarn, W., Vandecruys, P., Moreno, M. R. F., Thevelein, J., Ratanakhanokchai, K., & Soontorngun, N. (2024). New biomarkers underlying acetic acid tolerance in the probiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. *Applied microbiology and biotechnology*, 108(1), 153. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12946-x>.
77. Gutiérrez-Nava, M. A., Jaén-Echeverría, E., Acevedo-Sandoval, O.-A., & Román-Gutiérrez, A.-D. (2024). Fermentation of barley wort with *Saccharomyces boulardii* to generate a beverage with probiotic potential. *Future Foods*, 100, 373. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100373>
78. Patelski, A. M., Dziekońska-Kubczak, U., & Ditrych, M. (2024). The fermentation of orange and black currant juices by the probiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. *Applied Sciences*, 14(7), 3009. <https://doi.org/10.3390/app14073009>.
79. Farinazzo, F. S., Farinazzo, E. S., Spinosa, W. A., & Garcia, S. (2017). *Saccharomyces boulardii*: Optimization of simultaneous saccharification and fermentation of cell production in organic and conventional apple substrate pulp. *Food science and biotechnology*, 26(4), 969–977. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0123-1>.
80. Wang, R., Sun, J., Lassabliere, B., Yu, B., & Liu, S. Q. (2022). Fermentation of green tea with *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 and *Lactiplantibacillus plantarum* 299V. *LWT*, 157, 113081. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113081>.

81. Mulero-Cerezo J, Briz-Redón Á, Serrano-Aroca Á. (2019). *Saccharomyces Cerevisiae* Var. *Boulardii*: Valuable Probiotic Starter for Craft Beer Production. *Applied Sciences*. 9(16), 3250. <https://doi.org/10.3390/app9163250>.
82. Fermented Non-Dairy Non-Alcoholic Beverages Global Market Report 2025 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/fermented-non-dairy-non-alcoholic-beverages-global-market-report>.
83. Ansari, F., Samakkhah, S. A., Bahadori, A., Jafari, S. M., Ziaee, M., Khodayari, M. T., & Pourjafar, H. (2021). Health-promoting properties of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* as a probiotic; characteristics, isolation, and applications in dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1949577>.
84. Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M. A., Barua, S., Sharma, N., Olatunji, O. J., Nirmal, N. P., & Sahu, J. K. (2023). Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 170, 113046.
85. Kaur R, Shekhar S, Prasad K. (2024). Functional beverages: recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, e006. doi: 10.48130/fmr-0023-0041.
86. Напій Комбуча, Jiva [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://jivakombucha.com.ua/product/original/>.
87. Напій Комбуча original, Green Chef [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://greenchef.ua/product/kombucha-original-220h/>.
88. Напій Комбуча, Eat Easy [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://okwine.ua/ua/product/napitok-kombucha-eat-easy-0331?srsltid=AfmBOopQwBi2X4Z5MWcWIYONqDOFxF6d7VUMe8AMYpIQwxy16HhGIBGa>.
89. Напій традицій Комбуча, Spraga [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://silpo.ua/product/napii-lavka-tradytsii-spraga-kombucha-kola-z-b-923962>.
90. Кефір водний, Seeds bank [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://seedsbank.me/>.

91. Квас Тарас [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://carlsbergukraine.com/brands/kvas-taras/kvas-taras/>.
92. Cousin, F. J., Le Guellec, R., Schlusshuber, M., & Dalmasso, M. (2017). Microorganisms in fermented apple beverages: Current knowledge and future directions. *Microorganisms*, 5(3), 39. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030039>.
93. Somersby Яблуко [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.somersby.com/uk-ua/products/apple/>.
94. Guiné, R. P. F., Barroca, M. J., Coldea, T. E., Bartkiene, E., & Anjos, O. (2021). Apple fermented products: An overview of technology, properties, and health effects. *Processes*, 9(2), 223. <https://doi.org/10.3390/pr9020223>.
95. Pink Lady Apple® у банках [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://health-ade.com/products/kombucha-pink-lady-apple-cans>.
96. Оцет De Nigris яблучний органічний, 500мл [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://silpo.ua/product/otset-de-nigris-iabluchnyi-organichni-774851?srsId=AfmBOor2NhWA496HMtAv_49CKtx9WfnPxKqKEx2EfD-Uljt8V5iKIqbN.
97. Terhaag, M. M., Sakai, O. A., Ruiz, F., Garcia, S., Bertusso, F. R., & Prudêncio, S. H. (2025). The probiotication of a lychee beverage with *Saccharomyces boulardii*: An alternative to dairy-based probiotic products. *Foods*, 14(2), 156. <https://doi.org/10.3390/foods14020156>.
98. Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhao, X., Zhang, J., Din, J. U., Chen, C., Cao, Y., & Yang, Z. (2019). Physicochemical and microbiological properties of synbiotic yogurt made with probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* in combination with inulin. *Foods*, 8(10), 468. <https://doi.org/10.3390/foods8100468>.
99. Безалкогольні напої - Україна [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.statista.com/outlook/cmo/non-alcoholic-drinks/ukraine>.
100. Vetropack's Ukrainian glass works severely damaged by military activity [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.perplexity.ai/search/provide-a-literature-review-on-QTIPFPCgQH2tnPEmPjfоPQ>.

101. Виробництво промислової продукції за видами за 2021 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/vyrobnytstvo-osnovnykh-vydiv-promyslovoi-produktsii-schorichno>.

102. Ukraine Kombucha Market (2025-2031) Outlook [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.6wresearch.com/industry-report/ukraine-kombucha-market>.

103. Fermented Beverages Market Size - By Type, Packaging, Distribution Channel, Forecast, 2025 - 2034 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/fermented-beverages-market>.

104. Probiotic Drinks Market Size (2025 – 2030) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://virtuemarketresearch.com/report/probiotic-drinks-market>.

105. MarketsandMarkets. (2024, March). Probiotics market size, share, analysis, & growth trends report by product type (Functional Food & Beverages (FnB), Dietary Supplements, and Feed), ingredient (Bacteria and Yeast), end user (Human and Animal), distribution channel and region – Global forecast to 2029. <https://www.marketsandmarkets.com>.

106. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур, Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_AREA_HARVESTS_CROP_YIELD\(18.0.0\)](https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_AREA_HARVESTS_CROP_YIELD(18.0.0)).

107. Виробництво яблук та груш в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://superagronom.com/news/19172-virobnitstvo-yabluk-ta-grush-v-ukrayini-u-poperednomu-sezoni-zbilshilos-na-14-ta-33-vidpovidno>.

108. Аналіз ринку переробки яблук в Україні, Польщі, Німеччині, Швеції та Великобританії. 2021 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-pererabotki-yablok-ukrainy-2021-god>.

109. Огляд ринку яблучних соків і концентратів в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://agroportal.ua/blogs/obzor-rynka-yablochnykh-sokov-i-kontsentratov-v-ukraine>.

110. De Paula, B. P., Chávez, D. W. H., Lemos Junior, W. J. F., Guerra, A. F., Corrêa, M. F. D., Pereira, K. S., & Coelho, M. A. Z. (2019). Growth parameters and survivability of *Saccharomyces boulardii* for probiotic alcoholic beverages development. *Frontiers in Microbiology*, 10, Article 2092. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02092>

111. Hossain, M. N., Afrin, S., Humayun, S., Ahmed, M. M., & Saha, B. K. (2020). Identification and growth characterization of a novel strain of *Saccharomyces boulardii* isolated from soya paste. *Frontiers in Nutrition*, 7, 27. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00027>.

112. Graça Dias, I. A. (2016). Use of *Saccharomyces boulardii* in Alcohol-Free Beer Production (Master's thesis). Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

113. Shu, G., Yang, X., Lei, Z., Huang, D., & Zhai, Y. (2020). Effects of carbohydrates, prebiotics and salts on survival of *Saccharomyces boulardii* during freeze-drying. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 22(2), 59–66. <https://doi.org/10.2478/aucft-2018-0013>.

114. *Boulardii* active dry yeasts and production method thereof. (2012, April 28). CN103374531A. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/CN103374531A/en>

115. *Saccharomyces boulardii*, 10 Milliarden KBE [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://de.iherb.com/pr/lake-avenue-nutrition-saccharomyces-boulardii-10-billion-cfu-180-veggie-capsules/95852?srsId=AfmBOopPkbm-EBdTjrJqxNAg8HD7iwsvHF_1-E8r9voxNr8vE7bvdsEB

116. Actimel [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.actimel.de/?gad_source=1&gbraid=0AAAAADpP1bd4TH5S9qqSQhrxgcaVgAmDy&gclid=Cj0KCCQjwh_i_BhCzARIsANimeoHwHmCFbf7I0PIWb9dt-jcm9bktti-v9wG3CFAeo1jjBvN5YHTqJdIaAnx4EALw_wcB&gclid=aw.ds

117. Крафтове виробництво та які перспективи його розвитку в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://online.novaposhta.education/blog/kraftove-virobnictvo-ta-yaki-perspektivi-jogo-rozvitku-v-ukraini?utm_source=chatgpt.com.

118. Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. ... Korma, S. A. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in microbiology*, 14, 1216674. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674>.

119. Mourey, F., Sureja, V., Kheni, D., Shah, P., Parikh, D., Upadhyay, U., ... Decherf, A. (2020). A Multicenter, Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial of *Saccharomyces boulardii* in Infants and Children With Acute Diarrhea. *The Pediatric infectious disease journal*, 39(11), e347–e351. <https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002849>

120. Muñoz, P., Bouza, E., Cuenca-Estrella, M., Eiros, J. M., Pérez, M. J., Sánchez-Somolinos, M., ... Peláez, T. (2005). *Saccharomyces cerevisiae* fungemia: an emerging infectious disease. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 40(11), 1625–1634. <https://doi.org/10.1086/429916>

121. Весна 2023 у столиці України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://visitukraine.today/uk/blog/1788/air-raids-public-transportation-and-entertainment-during-the-war-how-does-kyiv-live-today#skilki-lyudei-povernulos-do-kijeva>

122. Мельничук М.Д., Кляченко О.Л., Бородай В.В., Коломієць Ю.В. Промислова біотехнологія: Київ, 2014. Режим доступу: http://document.kdu.edu.ua/info_zab/162_481.pdf

123. Основи проектування біотехнологічних виробництв [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до викон. курс. проекту для здобувачів вищої освіти освіт. ступ. «бакалавр» спец.162 ««Біотехнології та біоінженерія» осв.-проф. прогр. «Біотехнології: фармацевтична, промислова, харчова, природоохоронна» ден. форми навч./ уклад. Т.П. Пирог, Ю.В. Карлаш, В.О. Красінько. – К.: НУХТ, 2022. – 79 с.

124. Centrifugation. (2012). *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/centrifugation>

125. Azhar, S. H. M., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Faik, A. A. M., & Rodrigues, K. F. (2017). Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.03.003>
126. Stewart, G. G. (2018). Yeast Flocculation—Sedimentation and Flotation. *Fermentation*, 4(2), 28. <https://doi.org/10.3390/fermentation4020028>.
127. Лекція 3. Основи біотехнологічних виробництв (доповнено) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%90%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87/page5.html
128. Kitamura, D. H., Vandenberghe, L., Rodrigues, C., & Salmon, D. N. X. (2021). Selenium-enriched probiotic *Saccharomyces boulardii* CCT 4308 biomass production using low-cost sugarcane molasses medium. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, e21200658. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-75years-2021200658>
129. Chin, Y.-W., Lee, S., Yu, H. H., Yang, S. J., & Kim, T.-W. (2021). Combinatorial Effects of Protective Agents on Survival Rate of the Yeast Starter, *Saccharomyces cerevisiae* 88-4, after Freeze-Drying. *Microorganisms*, 9(3), 613. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030613>
130. Вимоги специфікації для харчових добавок, у тому числі барвників та підсолоджувачів [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://moz.gov.ua/uploads/ckeditor/%D0%93%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F/2023/04/10_1/%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA%203%20%D0%A5%D0%94.pdf
131. Moonsamy, G., Roets-Dlamini, Y., Langa, C. N., & Ramchuran, S. O. (2024). Advances in Yeast Probiotic Production and Formulation for Preventative Health. *Microorganisms*, 12(11), 2233. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12112233>

132. Розпилювальне сушіння [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dlu.com.ua/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5-%D1%81%D1%83%D1%88%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F>
133. Spray Drying of Yeast [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.buchi.com/en/knowledge/applications/yeast>
134. Tontul, S. A., Erbaş, M., & Gorgulu, A. (2019). The use of probiotic-loaded single- and double-layered microcapsules in cake production. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 11(3), 840–849. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9467-y>
135. Yuan, P., Zhou, Y., Dai, Z., Zhou, Y., & Yang, Y. (2021). Preparation method of *Saccharomyces boulardii* preparation and *Saccharomyces boulardii* preparation (Patent No. CN107988089B). Guangdong Hinabiotech Co Ltd. <https://patents.google.com/patent/CN107988089B>
136. Сидоров Ю.І. Промислові ліофільні сушарки періодичної дії в біотехнології // Біотехнологія.– 2012. – Т.5, №6. – С. 39-46.
137. Polo, L., Mañes-Lázaro, R., Olmeda, I., Cruz-Pio, L. E., Medina, Á., Ferrer, S., & Pardo, I. (2017). Influence of freezing temperatures prior to freeze-drying on viability of yeasts and lactic acid bacteria isolated from wine. *Journal of applied microbiology*, 122(6), 1603–1614. <https://doi.org/10.1111/jam.13465>
138. Шугай, М., & Чорна, Н. (2021). Сублімаційне сушіння бактеріальних препаратів на основі *Lactobacillus casei*. *ПРОДОВОЛЬЧІ РЕСУРСИ*, 9(17), 174–181. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-18>
139. Chin, Y.-W., Lee, S., Yu, H. H., Yang, S. J., & Kim, T.-W. (2021). Combinatorial Effects of Protective Agents on Survival Rate of the Yeast Starter, *Saccharomyces cerevisiae* 88-4, after Freeze-Drying. *Microorganisms*, 9(3), 613. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030613>.
140. Молоткові дробарки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mcet.com.ua/dictionary/molotkova-drobarka/>
141. Hammermills versus roller mills [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.world-grain.com/articles/10011-hammermills-versus-roller-mills>

142. Практикум з промислової технології лікарських засобів для студентів спеціальності «Фармація» / Під ред. Рубан О.А.- Х.: НФаУ, 2011.- 342 с.
143. Bond C. (2007). Freeze-drying of yeast cultures. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), 368, 99–107. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-362-2_6
144. Commercial Vacuum Bags [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.weschenfelder.co.uk/300-x-450-commercial-vacuum-bags-200.html>
145. Food Grade Vacuum Bags [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gingerpack.ie/product/food-grade-vacuum-bags/>
146. Vilpe 160P/ИЗ/700 INTAKE припливний вентиляційний елемент INTAKE P-160 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rolls.com.ua/ua/p1674322636-vilpe-160piz700-intake.html>
147. Z-Line Filter Coarse 65% (G4) 600x354x24mm [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ersatzfilter-shop.de/shop/Z-Line-Filter/Sonderabmessungen/Z-Line-Filter-Coarse-65-G4-600x354x24mm::2689.html>
148. Поршневі одноступінчасті компресори (8 бар, 205-1657 л/хв) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dalgakiran.ua/uk/products/porshnevi-odnostupinchasti-kompresory/>
149. Прямокутні повітряний теплообмінник [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vents-shop.com.ua/aksesuary-uk/vodyani-nagrivachi-povitrya-vents/prymokutni-nk-v-uk/>
150. Druckluftkessel 200L | 11 bar | beschichtet | mit Zubehör [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://airpress.de/druckluftkessel-200l-11-bar-beschichtet-mit-zubehoer-36094?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=&utm_content=&utm_term=&gad_source=1&gad_campaignid=20568294681&gbraid=0AAAAADM9mYOER1PLx-qxb694Uk6HTBANz&gclid=Cj0KCQiArOvIBhDLARIsAPwJXOY6feof1Jo0d1ZRITT0eOW1PNAkU5Fn2TkStj_bLU1IfD3PqUU753saAgd1EALw_wcB

151. Фільтр повітряний касетний, клас фільтрації F9 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ventfilter.kiev.ua/goods/filtr-vozdushniy-kassetniy-klass-filtratsii-f9/>.

152. Fermenters / Bioreactors made of stainless steel for the production of pharmaceutical products [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://binder-behaelterbau.de/en/behaelter/stainless-steel-fermenters-bioreactors/>

153. Перистальтичний насос FLUIMAC HELIOS ASP 65 VX 15600 л/год, 7,5 кВт, 40 об/хв, з регулюванням продуктивності [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://fluimac.com.ua/ua/equipment/helios/helios_as-vx/peristaltichniy-nasos-fluimac-helios-asp-65-vx-15600-l-god-7-5-kvt-40-ob-khv-z-regulyuvannyam-produktivnost-/.

154. Culturefuge [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/separators/culturefuge/>

155. Ваговий дозатор FLEX W40 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://flexmash.com/equipment/dozuyuche-obladnannya/flex-w40/#characteristics>

156. 5L Lab Jacketed Stainless Steel Reactor [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.laboao.com/products/stainless-steel-reactor/5l-lab-jacketed-stainless-steel-reactor?>

157. Cryometrix B-90 Blast/Thaw Freezer [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cryometrix.com/product-b90/>

158. Сублімаційна сушарка 100 кг завантаження [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sublimat.com.ua/uk/liofilnyye-sushilki/suchilka-cc-100>

159. Transfer Cart [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ortner-group.com/en/products/labline/labor-equipment/transfer-cart>

160. HAMMER MILLS ANDRITZ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.andritz.com/resource/blob/19096/ca724ea0967cbedcafbf2d1aa5dd375b/1215-gb-hammer-mills-brochure-feed-biofuel-data.pdf>

161. Вібраційне сито [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prom.ua/p1451781731-vibratsijne-sito.html>
162. SIG Prime 100 Aseptic filling equipment [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sig.biz/en/solutions/package-finder/sig-prime-100-aseptic>
163. Wang, G., Chen, Y., Xia, Y., Song, X., & Ai, L. (2022). Characteristics of Probiotic Preparations and Their Applications. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(16), 2472. <https://doi.org/10.3390/foods11162472>
164. Nagashima, A. I., Pansiera, P. E., Baracat, M. M., & Gómez, R. J. H. C. (2013). Development of effervescent products, in powder and tablet form, supplemented with probiotics *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces boulardii*. *Food Science and Technology*, 33(4), 605–611. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000400002>
165. The Pros and Cons of PET Bottles [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vistaplast.net/blog/blog-3/the-pros-and-cons-of-pet-bottles-3>
166. Sidel launches ultra-small, ultra-light PET bottle for liquid dairy products [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sidel.com/en/about/media/press-releases/ultra-small-ultra-light-pet/>
167. Actimel is going naked [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://alianceprorecyklaci.cz/en/actimel-jde-do-naha>
168. Actimel becomes carbon neutral, partly thanks to smart packaging [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.fostplus.be/en/blog/actimel-becomes-carbon-neutral-partly-thanks-to-smart-packaging>
169. Actimel bottle takes off its label for better recycling [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.printindustry.news/story/44103/actimel-bottle-takes-off-its-label-for-better-recycling>
170. 8011 8079 1235 Aluminum foil for yogurt packaging [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aluminum-hm.com/application/yogurt-packaging-aluminum-foil/>

171. HDPE Vs. PET: Which Plastic Is Better for Your Needs? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uvteco.com/blogs-about-plastic/difference-hdpe-vs-pet>

172. Why Choose Glass Bottles for Beverage Packaging [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.roetell.com/why-choose-glass-bottles-for-beverage-packaging/>

173. Сет комбучі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sz.lviv.ua/chay-moloko-roslynne-polisol/kombucha/nabir-kombuchi/?srsltid=AfmB0oo4U9mInxbixd9yp8SZLua5HSeG-VYNu8UlmG2fkqXySg9yQIuz>

174. Wild Boocha Raspberry Passionfruit Kombucha [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.lazada.sg/products/wild-boocha-raspberry-passionfruit-kombucha-i1798933670.html>

175. Машины для миття сировини [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_31/page6.html

176. Стрічкові транспортери [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://balenko.com/product/strichkovi-transporteri/>

177. Виготовлення соків [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://buklib.net/books/29588/>

178. Харчові технології. Розділ 4: методичні вказівки до виконання лабораторної роботи за темою «Технологія плодоово-ягідних соків та концентрованих продуктів» в дистанційному форматі для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології продуктів з рослинної сировини та молока для підприємств харчового бізнесу», «Харчові технології в ресторанній індустрії», «Харчові технології», «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів», «Технології харчових продуктів тваринного походження» СВО «бакалавр» денної та з очної форми навчання / укл. Погарська В.В., Погарський О.С., Юр'єва О.О., Селютіна Г.А., Лосева С.М. - Х.: ФОРТ, 2023. - 76 с.

179. Стрічковий прес POWERPRESS 1200 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://profruit.com.ua/product/%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81-powerpress-1200/>

180. Saccharomyces boulardii Sparkling Juices [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://drdavisinfinitehealth.com/2022/10/saccharomyces-boulardii-sparkling-juices/>

181. Cloudy apple juice four times healthier than clear [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.beveragedaily.com/Article/2007/01/15/cloudy-apple-juice-four-times-healthier-than-clear/>

182. Rotary vacuum filters for fruit juices [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://www.dellatoffola.it/en/catalogue-products/filters/rotary-vacuum-filters/rotary-vacuum-filters-for-fruit-juice>

183. Filson: Your Specialist Rotary Drum Filter Manufacturer [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.filsonfilters.com/rotary-drum-filter/>

184. Industrial Fruit and Vegetable and Fruit Washer Ultrasonic Washers Washing Machine [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zzshare.en.made-in-china.com/product/OdSAQBfoiwUX/China-Industrial-Fruit-and-Vegetable-and-Fruit-Washer-Ultrasonic-Washers-Washing-Machine.html>

185. Sorting Conveyor [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.criveller.com/products/apple-processing-equipment/sorting-conveyor/>

186. CM50 Grinding mill [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bucherunipektin.com/cm50-grinding-mill>

187. Шнековый транспортер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agrotehkom.ua/shop/shnekovij-transporter/>

188. Шнековый насос Bellin [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mir-nasosov.com.ua/uk/production/bellin-tip-u>.

189. USA Lab 1500L Stainless Steel Jacketed Storage Vessel [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.usalab.com/usa-lab-1500l-stainless-steel-jacketed-storage-vessel/>
190. Ваговий дозатор FlexW40 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://flexmash.com/equipment/dozuyuche-obladnannya/flex-w41/>
191. 1500L Fermentation Tank [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hgbeerequipment.com/products/fermentation-tank/100-2000l/1500l-fermentation-tank.html>
192. Flottweg Belt Press [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.flottweg.com/product-lines/belt-press/>
193. (340BT200) Edelstahl Biertank / Gärtank 200 Liter konisch, Fass drucklos, mit Hahn (versandkostenfrei)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.fischer-lahr.de/Bierlagertank-200-Liter?ws_oss_lieferland=DE
194. AMPCO PUMPS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ampcopumps.com/wp-content/uploads/2020/12/Ampco-GmbH-full-line-v2.pdf>
195. USA Lab 1000L Jacketed Storage Vessel [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.usalab.com/usa-lab-1000l-jacketed-storage-vessel/>
196. Rotary Drum Filter for 0.1-0.5 mm Juice Beverage and Industrial Wastewater Filtration [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wasteincineratormachine.com/sale-42872744-rotary-drum-filter-for-0-1-0-5-mm-juice-beverage-and-industrial-wastewater-filtration.html>
197. Automatic Tubular UHT Sterilizer For Fruit Juice [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.easireal.com/tubular-uht-sterilizer-product/?_gl=1*h1mj15*_up*MQ..*_ga*MTUwMjQ2MDU1NS4xNzU4NjM5MjM3*_ga_TPSCM1ZZTS*cze3NTg2MzkyMzUkbzEkZzAkdDE3NTg2MzkyMzUkajYwJGwwJGgw*_ga_88CBMRK6MN*cze3NTg2MzkyMzYkbzEkZzAkdDE3NTg2MzkyMzYkajYwJGwwJGgw
198. Filling Lines - Aseptic [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gea.com/en/products/filling-packaging/aseptic-fillers/>

199. Labeling machine Onitex L100 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.onitex.eu/labeling-machine-onitex-1100>.
200. Зінченко М.Г. 3-63 Біохімічні і мікробіологічні основи харчової та бродильної технології : навч. посібник / М. Г. Зінченко. – Харків : НТУ «ХП», 2009 – 188 с.
201. Красінько, В. О. Методи контролю біотехнологічних, фармацевтичних і харчових виробництв [Електронний ресурс] : конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 162 "Біотехнології та біоінженерія" освіт.-проф. програми "Біотехнологія" ден. і заоч. форм навч. / В. О. Красінько; Нац. ун-т харч. технол. - Київ: НУХТ - 2019. - 252 с (с. 144).
202. Кількісний облік мікроорганізмів шляхом підрахунку колоній (чашковий метод Коха) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/1582556/page:10/>
203. Serial Dilutions and Plating: Microbial Enumeration [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.jove.com/v/10507/serial-dilutions-and-plating-microbial-enumeration>
204. Graff, S., Chaumeil, J.-C., Boy, P., Lai-Kuen, R., & Charrueau, C. (2008). Formulations for protecting the probiotic *Saccharomyces boulardii* from degradation in acidic condition. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 31(2), 266–272. <https://doi.org/10.1248/bpb.31.266>
205. Weigert, C., Steffler, F., Kurz, T., Shellhammer, T. H., & Methner, F. J. (2009). Application of a short intracellular pH method to flow cytometry for determining *Saccharomyces cerevisiae* vitality. *Applied and environmental microbiology*, 75(17), 5615–5620. <https://doi.org/10.1128/AEM.00650-09>
206. Mousa, A. H., Wang, G., & Zhang, H. (2019). Morphological and molecular tools for identification of *Saccharomyces boulardii* isolated from active dry yeast. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 7(4). https://ijair.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJAIR_2931_FINAL.pdf

207. ДСТУ 8447:2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів.

208. Ghelardi, E., Mazzantini, D., Celandroni, F., Calvigioni, M., Panattoni, A., Lupetti, A., Bois De Fer, B., & Perez, M. (2023). Analysis of the microbial content of probiotic products commercialized worldwide and survivability in conditions mimicking the human gut environment. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1127321>.

209. Lasch, P., Beyer, W., Bosch, A. et al (2025). A MALDI-ToF mass spectrometry database for identification and classification of highly pathogenic bacteria. *Sci Data* 12, 187. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04504-z>.

210. Середовище Кесслера [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://farmaktiv.com.ua/index.php/ua/proizvodstvo/kessler>

211. Модуль 3. Частина 2. Родина кишкових бактерій : метод. вказ. з дисципліни "Мікробіологія, вірусологія та імунологія з мікробіологічною діагностикою" до практичних занять для студентів-бакалаврів III–IV курсу за спеціальністю "Лабораторна діагностика" / упор. В.В. Мінухін, Н.І. Коваленко, Т.М. Замазій. – Харків : ХНМУ, 2014. – 44 с.

212. ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів.

213. Zambrano, M. V., Dutta, B., Mercer, D. G., MacLean, H. L., & Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>.

214. Національний орган стандартизації України. (2022). Продукція безалкогольної промисловості. Правила приймання та методи відбирання проб (ДСТУ 4856:2022). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

215. Національний орган стандартизації України. (2016). Напої безалкогольні. Загальні технічні умови (ДСТУ 4069:2016). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

216. Національний орган стандартизації України. (2021). Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення органолептичних показників,

об'єму продукції та герметичності закупорювання (ДСТУ 7099:2021). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

217. Національний орган стандартизації України. (2025). Продукція безалкогольної промисловості. Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення сухих речовин. (ДСТУ 4855:2025). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

218. Національний орган стандартизації України. (2009). Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначання спирту. (ДСТУ 7101:2009). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

219. Національний орган стандартизації України. (2025). Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення кислотності. (ДСТУ 7102:2025). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

220. Національний орган стандартизації України. (2023). Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення діоксиду вуглецю. (ДСТУ 7138:2023). Київ: ДП «УкрНДНЦ».

221. Визначення стійкості напоїв [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/bezalkogolni-napoi/obekt/stijkist/>

222. Методика приготування десятикратних розведень матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/8764349/page:16/>.

ДОДАТКИ

Додаток 1.

Anastasiia Hirina, Natalia Gregirchak. Fermented beverages as a tool for social inclusion and public health. VII International Conference on European Dimensions of Sustainable Development, May 5 – 7, 2025. – Kyiv: NUFT, 2025. 76 –85.

FERMENTED BEVERAGES AS A TOOL FOR SOCIAL INCLUSION AND PUBLIC HEALTH

Anastasiia Hirina*, Natalia Gregirchak

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: anastasiia.girina07@gmail.com

Fermented foods have a long history of development, dating back to 8000 BC. Archaeological findings show that even then, the indigenous people of China were already producing fermented beverages. Since ancient times, they have been not just a source of high nutritional value, but also a means of social integration, a means of communication between people, and a cultural heritage of each nation. This article examines the historical context of the emergence, development, and utilisation of fermented beverages. Particular attention is paid to their socio-cultural significance in various nations, both past and present. It is known that fermented beverages have played a key role in religious rites, celebrations and everyday life of many countries. The article also highlights the current state of development in the fermented beverage industry, particularly in the area of functional fermented beverages, which are very popular and offer significant health benefits to consumers. These beverages contain microorganisms that provide a specific functional effect. To a large extent, the growing popularity of functional fermented drinks is due to the possibility of producing them using non-dairy raw materials, which are suitable for vulnerable groups of people with food allergies or certain religious restrictions. In addition, consumers' interest in these drinks brings together people with similar views on life and personal values. The use of local raw materials can contribute to sustainable development and support local businesses.

Keywords: fermented beverages, social inclusion, cultural heritage, healthy eating, probiotics

DOI: 10.24263/EDSD-2025-7-10

Received 14.05.2025

Received in revised form 08.09.2025

Accepted 22.09.2025

Introduction

For thousands of years, fermented foods and beverages have played a key role in the development of human civilisation. They have been a tool for cultural identification within society, promoting social integration, and, of course, are part of the diet. The first mention of the production of fermented beverages dates back to over 8000 BC. This data was obtained after archaeological excavations in Asia. Since then, humanity has made significant progress in terms of formation and historical development. Today, fermented beverages are used less frequently in religious or traditional ceremonies, but they have become an integral part of each country's cultural heritage, reflecting its history and traditions. They remind us who we are and bring people together around the world (Cuamatzin-Garca et al., 2022).

Initially, the production of fermented food was a method of extending the shelf life of raw materials. Currently, the growing interest in fermented beverages, including functional fermented drinks, is attributed to their potential health benefits. They have probiotic, prebiotic, anti-inflammatory, antimicrobial, antitoxic and immunomodulatory effects, which is appreciated by the

76

Selected Papers of the VII International Conference on European Dimensions of Sustainable Development, May 5-7, 2025. – Kyiv: NUFT, 2025

Додаток 2

Гіріна Анастасія, Грегірчак Наталія. Вплив на здоров'я споживачів функціональних ферментованих продуктів, що містять у своєму складі пробіотичні дріжджі *Saccharomyces boulardii*. Збірник наукових матеріалів IV Міжнародної

науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи». Київ : НУХТ, 2024. с. 32–34.

УДК 615.331:579.864-043.2

**ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я СПОЖИВАЧІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ФЕРМЕНТОВАНИХ ПРОДУКТІВ, ЩО МІСТЯТЬ У СВОЄМУ СКЛАДІ
ПРОБІОТИЧНІ ДРІЖДЖІ *SACCHAROMYCES BOULARDII***

Гіріна Анастасія, Грегірчак Наталія

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Упродовж останніх десятиліть стрімкий розвиток науки й технологій зробив вагомий внесок у покращення життя людства, відкривши безліч нових можливостей у різних сферах. Однак такий стрімкий розвиток мав і неочевидний негативний вплив. Відбулась переоцінка цінностей і, на жаль, багато людей змістили свою увагу з власного здоров'я на особисті досягнення в кар'єрі чи інших сферах свого життя. Ця тенденція призвела до малорухливого способу життя, нерегулярного харчування, вживання продуктів з низькою поживною цінністю, а також погіршення не лише фізичного, але й ментального здоров'я, збільшення стресових факторів і нервових розладів.

В останні роки, усвідомивши проблеми, викликані сучасним способом життя та їх можливі наслідки, що здебільшого пов'язані із захворюваннями травної системи, спостерігається підвищення інтересу споживачів до функціональних ферментованих продуктів, що мають певні корисні властивості, позитивно впливають на загальний стан організму та здатні запобігти розвитку деяких захворювань. Обізнаність споживачів з кожним роком зростає, відбувається популяризація функціональних продуктів, а попит на них збільшується. До функціональних продуктів належать продукти, в складі яких містяться природні біоактивні сполуки чи речовини. Останнім часом увагу наукової спільноти привернула можливість використання дріжджів з пробіотичними властивостями, таких як *Saccharomyces boulardii*, у складі харчової продукції [1].

Перед бактеріальними пробіотиками дріжджі з пробіотичними властивостями мають ряд переваг. Була доведена їх висока стійкість і життєздатність при несприятливих умовах (широкому діапазоні рН), здатність стабілізувати кислотність харчових матриць, стимулювати ріст молочнокислих бактерій при спільному бродінні та мати стійкість до антибіотиків. Окрім цього вони мають унікальний механізм дії, що безпосередньо впливає на різні структури організму споживача, починаючи від дії на слизову оболонку кишківника і закінчуючи імуносмуляторною дією [2].

Антибактеріальна та протівірусна дія. Були встановлені декілька механізмів, за рахунок яких *Saccharomyces boulardii* володіє антибактеріальною та протівірусною дією. Цей вид дріжджів здатний пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів шляхом або прямого пригнічення цих мікроорганізмів, або маючи опосередкований вплив на них. Він здатний нейтралізувати токсини, що виділяються певними бактеріями, за рахунок «прилипання» до них та пригнічення їх активності. Також *S. boulardii* здатний «прилипати» до патогенних бактерій, пригнічувати розмноження та пришвидшувати їх виведення з організму. А також

32

Додаток 3

Гіріна А.С., Грегірчак Н.М. Ресурсозберігаючі технології при виробництві функціональних ферментованих немолочних напоїв. Програма та тези матеріалів

УДК 663.86:613.2:604.4

**34. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ФЕРМЕНТОВАНИХ НЕМОЛОЧНИХ НАПОЇВ**

А.С. Гіріна, Н.М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Харчова промисловість кожної країни є великим промисловим сектором, в якому щорічно утворюється значна кількість відходів. У світовому масштабі це призвело до глобальної кризи харчових відходів та збільшило викиди парникових газів. На сьогодні, близько 8% загальних викидів парникових газів припадають саме на відходи харчової промисловості[1].

В останні роки наукова спільнота все частіше висловлює занепокоєння стосовно об'ємів харчових відходів, зокрема на підприємствах харчової промисловості. Значну частину з них становлять відходи рослинного походження. Валоризація цих субстратів є важливим питанням, оскільки вони містять цінні сполуки, які можна повторно використовувати, наприклад, при виробництві функціональних немолочних напоїв. Це є перспективним напрямком удосконалення управління відходами, що заснований на ресурсозберігаючих технологіях, та є важливим етапом розвитку біоекономіки й пом'якшення негативного впливу на навколишнє середовище[2]. Крім того, це покращує стійкість виробничого циклу харчового продукту[3].

Виробництво функціональних ферментованих напоїв з відходів рослинної сировини дозволяє отримати продукт з доданою вартістю, знижуючи витрати води та енергії, що є цінними ресурсами. Поживна цінність субпродуктів досить висока і навіть може перевищувати їстівної частини продукту, оскільки вони містять велику кількість поживних речовин, необхідних для росту мікроорганізмів під час ферментації. В Україні перспективною сировиною є яблучні вичавки, враховуючи об'єми вирощування та споживання яблук. Поживний склад сировини відрізняється в залежності від сорту фрукту, однак в загальному вони містять близько 85% вуглеводів, 5,5% крохмалю та загальний

Оптимізація процесу ферментації яблучного соку *Saccharomyces boulardii*

Гіріна А. С., Грегірчак Н. М.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна
anastasiia.girina07@gmail.com

В останні роки використання пробіотичних дріжджів *Saccharomyces boulardii* в функціональних напоях привернуло значну увагу наукової спільноти, про що свідчить значна кількість наукових публікацій. Це пов'язано з їх пробіотичною, антиоксидантною, імуномодулюючою дією, позитивним впливом на здоров'я кишківника, запобігання діареї як в дорослих, так і в дітей, а також, на відміну від молочнокислих бактерій, даний штам володіє значною стійкістю до агресивного середовища шлунково-кишкового тракту.

Перспективною сировиною для виробництва функціональних ферментованих напоїв з дріжджами *S. boulardii* є яблучний сік, який є гарним субстратом для ферментації завдяки високому вмісту цукрів, оптимальному значенню рН, а також значній кількості фенольних сполук й харчових волокон, що підтримують життєдіяльність дріжджів. Однак, під час розробки таких напоїв, дослідники зіштовхуються з рядом проблем, які включають підтримку достатньої кількості життєздатних клітин у готовому напої, збереження його функціональних властивостей та сенсорних показників. Для розв'язання цих питань необхідно оптимізувати ключові параметри ферментації.

Перш за все, для підтримки пробіотичної дії напою, концентрація життєздатних клітин має бути не менше 10^6 КУО/мл, що відповідає рекомендації ВООЗ та результатам практичних досліджень. Зазначається, що певна функціональна дія можлива при щоденному мінімальному споживанні від 10^6 до 10^9 КУО. Одним з ключових параметрів ферментації є температура. Оптимальна температура бродіння дріжджів *S. boulardii* коливається від 25°C до 30°C. Однак, більшість досліджень вказують на те, що бродіння при 30°C сприяє найбільшому накопиченні біомаси. Тривалість ферментації при цьому зазвичай становить від 24 до 48 год, що є оптимальним часом для накопичення біомаси, підтримки життєдіяльності клітин та мінімізації накопичення

учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, НУХТ, 7-11 квітня 2025 р.). – Ч. 1. – С. 301.

91st International scientific conference of young scientist and students
"Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution",
April, 11–12, 2024. Book of abstract. Part I. NUFT, Kyiv.

Raw materials for the production of non-dairy functional fermented beverages

Anastasiia Hirina, Nataliia Hrehirchak
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Introduction. Modern challenges include poor nutrition and a sedentary lifestyle, creating a demand for functional fermented beverages that support consumer health [1].

Materials and Methods. A review of scientific literature over the past five years was conducted using scientometric databases such as PubMed, Google Scholar, and Elsevier to identify promising plant-based raw materials suitable for the development and production of functional fermented beverages, considering market trends.

Results. In recent years, the scientific community has focused on the development of fruit- and vegetable-based functional fermented beverages. Research has shown that these beverages possess excellent organoleptic properties and are rich sources of vitamins, minerals, and bioactive compounds, making them attractive to consumers. Additionally, biomolecules present in juices support microbial viability, making this raw material promising for the industrial-scale production of beverages with an extended shelf life [1]. However, some researchers express concerns regarding the storage conditions and shelf life of plant-based fermented beverages, as maintaining microbial survival in these raw materials is more challenging than in dairy-based drinks. Moreover, improper storage conditions may alter the organoleptic properties, which is unacceptable [2]. Many studies highlight apple, orange, and pineapple juices as promising raw materials for fermented beverage production. Orange and pineapple juices contain vitamin C, which helps reduce oxygen levels and supports the viability of selected microbial strains. They also have a natural pH of approximately 3.0 – 4.5, which is optimal for fermentation [1]. Apple juice contains a significant amount of biologically active molecules and dietary fibers that further protect microorganisms from the harsh conditions of the gastrointestinal tract. Additionally, apples are a primary source of flavonoids. Given the widespread cultivation of apples –covering approximately 5 million hectares worldwide – their high nutritional value, year-round market availability, and long shelf life, numerous studies focus on developing fermented beverages based on apple-derived raw materials [3].

Conclusions. It has been established that apple juice is a promising raw material for the production of non-dairy functional fermented beverages due to its availability and beneficial properties.

Література

1. D'Amico, A., Buzzanca, C., Pistorio, E., Melilli, M. G., & Di Stefano, V. (2024). Fruit juices as alternative to dairy products for probiotics' intake. *Beverages*, 10(4), 100. doi:10.3390/beverages10040100.
2. Kaur, H., Kaur, G., & Ali, S. A. (2022). Dairy-based probiotic-fermented functional foods: An update on their health-promoting properties. *Fermentation*, 8(9), 425. doi:10.3390/fermentation8090425.
3. Guiné, R. P. F., Barroca, M. J., Coldea, T., & Bartkiene, E. (2021). Apple fermented products: An overview of technology, properties and health effects. *Processes*, 9(2), 223. doi:10.3390/pr9020223.

Додаток 6

Anastasiia Hirina, Natalia Gregirchak. FUNCTIONAL FERMENTED BEVERAGES AS A TOOL FOR SOCIAL INCLUSION AND PUBLIC HEALTH //

**FUNCTIONAL FERMENTED BEVERAGES AS A TOOL FOR SOCIAL INCLUSION
AND PUBLIC HEALTH**

Anastasiia Hirina*, Natalia Gregirchak

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

**Speaker: anastasiia.girina07@gmail.com*

Since ancient times, fermented beverages have been an integral part of every culture and have played an important role in maintaining health and social integration, combining culture and local traditions, bringing people together through shared food habits. The drinks we are used to, such as cider, kvass or kombucha, actually have a long history. Their recipes were passed down from generation to generation, and traditional consumption during certain events brought people together. For example, the inhabitants of the Caucasus Mountains passed kefir grains to the younger generation as a symbol of the tribe's prosperity. It was only with the development of technology and the spread of kefir across Europe that it became known that this drink existed under different names among many peoples of the world. This allows us to understand what certain cultures have in common. And at the same time, learn something new by sharing cultural traditions of traditional beverages, including unique functional drinks in certain regions (Chong, Lau, Chin, Talib & Basha, 2023).

Functional fermented beverages are a great alternative to alcoholic or carbonated beverages that are commonly consumed in society. They have a probiotic, prebiotic, antioxidant or immunomodulatory effect, which has a positive impact on the gastrointestinal tract and health in general. Promoting these beverages and integrating them into people's daily diets improves their dietary habits and lifestyles. In addition, the production of non-dairy fermented beverages allows us to expand the range of products that can be consumed by people with lactose intolerance or certain diets (Dahiya & Nigam, 2022).

An additional factor that makes the drink more accessible to different segments of the population is the use of local raw materials. For Ukraine, apples are a promising raw material. This reduces production costs, provides jobs for a significant number of workers, and supports local producers and their cooperation between farmers and consumers, which contributes to the creation of relevant communities (Chong et al., 2023; Guiné, Barroca, Coldea, Bartkiene & Anjos, 2021).

References:

- Chong, A. Q., Lau, S. W., Chin, N. L., Talib, R. A., & Basha, R. K. (2023). Fermented Beverage Benefits: A Comprehensive Review and Comparison of Kombucha and Kefir Microbiome. *Microorganisms*, 11(5), 1344. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051344>.
- Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2022). Nutrition and Health through the Use of Probiotic Strains in Fermentation to Produce Non-Dairy Functional Beverage Products Supporting Gut Microbiota. *Foods*, 11(18), 2760. <https://doi.org/10.3390/foods11182760>.
- Guiné, R. P. F., Barroca, M. J., Coldea, T. E., Bartkiene, E., & Anjos, O. (2021). Apple Fermented Products: An Overview of Technology, Properties and Health Effects. *Processes*, 9(2), 223. <https://doi.org/10.3390/pr9020223>.

1. Гіріна А. С., Грегірчак Н. М. Нові тенденції у виробництві ферментованих харчових продуктів: динаміка ринку, наукові засади та технологічні інновації. УДК 664.018:579.67:339.138:004.8 (подано до друку у журнал “Наукові праці НУХТ”).

2. Гіріна А. С., Грегірчак Н. М. Розвиток ресурсозберігаючих технологій валоризації яблучних відходів у виробництві ферментованих напоїв: перспективи сталого розвитку в Україні. УДК 604.4:663.813.031.1:634.11:502.174. (подано до публікації у журнал “Наукові праці НУХТ”).

3. Гіріна А., Грегірчак Н. Роль ферментованих продуктів у здоров’ї підлітків. (подано до публікації у збірнику тез V-ї міжнародної науково-практичної конференції «Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи» (23-24 жовтня 2025 року)).